



Tudományos tartalom:

- A nyílászárók légzárási teljesítménycsökkenésének hatása a filtrációs hőveszteségre ...5
- Fa és fa alapú építőanyagok emissziója ...12
- Infravörös sugárzásnak kitett lucfenyő száradásának vizsgálata statisztikai módszerekkel ...22
- Az energiatanúsításon túl: a környezetterhelés értékelése, különös tekintettel a fa alapú építés esetén ...26

Scientific content:

- The effect of the reduced performance of windows on filtration heat losses ...5
- Emission of wood and wood based products ...12
- Statistical analysis of drying intensity by spruce wood exposed to infrared radiation ...22
- Beyond energy performance certification: evaluating environmental impact, with special regard to wood based construction ...26

Új forma, változatlan színvonal: online folyóirat lesz a Faipar

Dr. Bejő László, a Faipar főszerkesztője

Egy fontos és izgalmas változásról szeretnénk tájékoztatni kedves Olvasóinkat és Szerzőinket: a nagy múltú visszatekintő tudományos folyóiratunk, a Faipar hamarosan új formában jelenik meg. A kiadó NymE-ERFARET Nonprofit Kft. és a NymE Simonyi Károly Műszaki, Faanyagtudományi és Művészeti Kar vezetése a Faipari Tudományos Egyesület elnökségével egyeztetve úgy döntött, hogy a 2014-es évtől – sok más folyóirathoz hasonlóan – a Faipart is kizárólag elektronikus formában kívánja megjelentetni.

Az alaposan előkészített döntés háttérében több szempont és indok húzódik meg:

- » Számos neves és elismert hazai és nemzetközi folyóirat ma már csak elektronikus formában jelenik meg. Ez a folyóirat értékéből, elismertségéből semmit nem von le, amennyiben a publikációk tudományos színvonala továbbra is garantált.
- » A folyóirat tudományos színvonalát a továbbiakban is fent kívánjuk tartani és erősíteni, azaz a tudományos publikációk legalább két lektor által ellenőrzött formában, angol nyelvű kivonattal és kulcsszavakkal, ábra- és táblázatfeliratokkal jelennek meg.
- » A jelenleg előkészítés alatt álló, professzionális tudományos portál – amely a folyóirat megjelenését hivatott szolgálni – nagyban elősegíti majd a szerzők, szerkesztők, lektorok munkáját, és a folyóirat hazai és nemzetközi ismertségét is javítja majd.
- » A kereső-optimalizált tartalom, és a különböző elektronikus berendezésekre (számítógépre, táblagépre, mobilra) optimalizált, dinamikus felület segítségével a folyóirat cikkeinek megtalálása, azok olvasása is egyszerűbbé válik az olvasók számára.
- » Végül, de nem utolsó sorban az elektronikus megjelenésnek költségei jóval alacsonyabbak, mint a nyomdai megjelenésé, ami biztosítja, hogy a kiadók továbbra is finanszírozni tudják a megjelenést. A felszabaduló pénzeszközök segítik a minél professzionálisabb elektronikus megjelenést, illetve a magas színvonalú cikkek megjelenéséhez szükséges tudományos kutatásra fordíthatók.

A változásról természetesen értesítettük az MTA Agrártudományok Osztályát (ahol szaklapunk tudományos folyóiratként kerül nyilvántartásra), és a Magyar Tudományos Művek Tárházát (MTMT) is. Az elektronikus folyóirat eISSN számának, valamint a digitális publikációknál szokásos, úgynevezett DOI azonosítónak a beszerzése szintén folyamatban van.

Köszönjük mindazoknak, akik szaklapunkat akár anyagilag, akár színvonalas cikkek írásával, vagy egyszerűen csak a folyóirat rendszeres olvasásával évek óta támogatják.

Reméljük, hogy kedves Olvasóink továbbra is hűségesek maradnak hozzánk, és követni fogják a faipar és a faanyagtudomány területén megjelenő, garantált színvonalú, lektorált közleményeinket a **fatudomány.hu**, illetve a **woodscience.hu** címen elérhető tudományos portálon.



Prológus Prologue

Új forma, változatlan színvonal: online folyóirat lesz a Faipar » *Dr. Bejő L.* « ... 3

Tudomány Science

A nyílászárók légzárási teljesítménycsökkenésének hatása a filtrációs hőveszteségre

» *Bencsik B. – Kovács Zs. – Dénes L.* «

The effect of the reduced performance of windows on filtration heat losses

» *B. Bencsik – Zs. Kovács – L. Dénes* « ... 5

Fa és fa alapú építőanyagok emissziója » *Patkó Cs. – Pásztory Z.* «

Emission of wood and wood based products » *Cs. Patkó – Pásztory Z.* « ... 12

Infravörös sugárzásnak kitett lucfenyő száradásának vizsgálata statisztikai módszerekkel

» *Cserta E. – Agócs G. – Hegedűs G. – Németh R.* «

Statistical analysis of drying intensity by spruce wood exposed to infrared radiation

» *E. Cserta – G. Agócs – G. Hegedűs – R. Németh* « ... 22

Az energiatanúsításon túl: a környezetterhelés értékelése, különös tekintettel a fa alapú építés esetén » *Bejő L. – Szabó P. – U. Nagy G. – Kuzsner Á.* «

Beyond energy performance certification: evaluating environmental impact, with special regard to wood based construction » *L. Bejő – P. Szabó – G. U. Nagy – Á. Kuzsner* « ... 26

Élet Life

A Faipari Egyetemi Kutatásért Alapítvány idén is eszközökkel támogatta a hallgatók kutatásait

» *Dr. Komán Sz.* « ... 31

100 év – egy magyar asztalos dinasztia centenáriuma » *Sajtóközlemény* « ... 34

Tudományos portállá alakul a Faipar folyóirat » *Farkas P.* « ... 36

Szerkesztői oldal Editorial

... 38

A nyílászárók légzárási teljesítménycsökkenésének hatása a filtrációs hőveszteségre

BENCSIK Balázs¹, KOVÁCS Zsolt¹, DÉNES Levente¹

¹ Nyugat-magyarországi Egyetem, Simonyi Károly Kar, Terméktervezési és Gyártástechnológiai Intézet

Kivonat

Az utóbbi években a nyílászárók fejlesztése leginkább a tok és a szárnykeret, valamint az üvegezés U-értékének csökkentésére irányult. A legkézenfekvőbb megoldás a transzmissziós hőáramlás mérséklésére a tok-szárnyprofil vastagságának növelése, valamint az alacsonyabb hővezetési értékkel rendelkező anyagok alkalmazása. A nyílászárók transzmissziós hővesztesége mellett azonban számolni kell a filtrációból eredő energiaveszteséggel is, amely az ablakok légzárási teljesítményével áll szoros kapcsolatban. Az ismertetett kutatásban négy ablakon végeztünk különböző időpontokban szabványos légzárási méréseket, majd a szabványban meghatározott nyomásértékeken mért légáteresztéshez tartozó filtrációs hőveszteséget hasonlítottuk össze a transzmissziós hőveszteséggel. A mérések során változtattuk a záródási pontok szorosságát, mesterségesen befolyásolva az ablak légáteresztését. Az eredmények alapján megállapítható, hogy a vizsgálatba bevont ablakok légzárási teljesítménye a tárolás alatt jelentős mértékben csökkent, amely növekvő filtrációs energiaveszteséget vont maga után. Összehasonlítva a gyártás utáni és a tárolást követő filtrációs energiaveszteségeket az időben állandó transzmissziós hőveszteséggel, elmondható, hogy a filtrációs hőveszteség mindegyik próbatestnél meghaladta a transzmissziós hőveszteséget.

Kulcsszavak: ablak, légzáras, filtráció, hőveszteség, transzmisszió

The effect of the reduced performance of windows on filtration heat losses

Abstract

In recent years, window-related research and development focused mostly on sash and frame structure optimization and minimizing the glazing's U value. The most obvious solution to reduce the heat flow by transmission is increasing sash and frame profile thickness, or using materials with low thermal conduction coefficients. However, in addition to the window's transmission heat loss, we have to take the thermal energy loss caused by filtration into consideration. This is closely related to the air tightness of the window.

In this research, four different windows' heat loss values due to air filtration were determined using the standard European norms, and compared to the transmission heat loss. During the tests, the tightness and number of locking points were changed as primary factors responsible for air permeability. The main conclusion is that the air tightness performance of windows deteriorated significantly during storage. This, in turn, caused significant energy loss by filtration. The comparison of the two types of energy losses immediately after the manufacturing and after storage, revealed that the thermal loss by filtration exceeded the heat loss by transmission for all samples.

Key words: window, air tightness, filtration, heat loss, transmission

Bevezetés

A modern lakóépületek tervezésekor, valamint épületfelújításkor a tervezőnek számos szabványt és előírást kell ismernie és alkalmaznia ahhoz, hogy alacsony energiaigényű és jó komfortérzetű épüle-

tet tervezhessen. A modern építőanyagok és építési technológiák alkalmazásával lehetővé váló racionális fűtési-hűtési energiafelhasználás reális igényként jelenik meg az építetők részéről (Specht 2010, Sieberath 2010). Az emberiség a világban megter-

melt energiának évente közel a felét az épületek energiaellátására használja fel (M. Orme 2001). Az Európai Unióban ez az érték 41% (Urbikain, 2009). Napjainkban a globális felmelegedés miatt egyre nagyobb figyelmet kell fordítanunk a megtermelt energia minél nagyobb hatásfokkal történő hasznosítására. Az épületek tervezése során nagy gondot kell fordítani arra, hogy az a lehető legjobb energia hatékonyságú legyen. Nyári időszakban – ahol lehetséges – törekedni kell arra, hogy az épületek túlmelegedése ellen természetes szellőzéssel lehessen védekezni, ugyanis a jelentős mennyiségű elektromos energiát használó klímaberendezések nagymértékben hozzájárulnak az üvegházhatás kialakulásáért felelős gázok kibocsátásához. A természetes szellőztetéshez megfelelő méretű és elhelyezkedésű nyitható ablakokra van szükség, amelyek a fűtési időben megfelelő légzárási tulajdonságokkal rendelkeznek (Bangalee 2012).

Épületenergetikai szempontból kézenfekvő megoldást jelentene, ha fűtési időben a szellőző levegő mennyiségét csökkentenénk, azonban a légcsereszám jelentős csökkentésével megnő a beteg épület szindróma (SBS) kialakulásának esélye (Bánhidi 2000). A beteg épület szindróma a gyakorlatban számos esetben előfordul, különösen akkor, amikor a régebbi épületek rosszul záródó, nagy filtrációt eredményező nyílászáróit jobb légzárási teljesítményűekre cserélik anélkül, hogy a szükséges légcsereszámot biztosítanák. Mindezek figyelembevételével kijelenthető, hogy az épület légátöblítését a tervezett módon folyamatosan kell biztosítani és a „költség elvű” térfogatáram-számításnak nincs helye egy épület légtechnikai méretezésében (Magyar 2007). Hatályos szabvány rögzíti a helyiségek rendelkezésétől függő tartózkodási zónák követelményeit (t , ϕ , k_{CO_2} , h stb.), amelyek teljesülését egy modern épületben a tervezett légvezetési rendszer (LVR) hivatott biztosítani. A gépi és a gravitációs légvezetési rendszer tervezett működéséhez fontos ismerni az adott épületen található esetleges szabályozatlan infiltrációs helyeket, amelyek kedvezőtlenül befolyásolják az épület légátöblítését és a fűtési-hűtési energiafelhasználást (Poroszlai 2007). A jelenlegi épületgépészeti méretezési eljárások nem számolnak az egyes épületszerkezeti elemek teljesítményjellemzőinek időbeni változásával, melynek következtében diszkomfortérzet alakulhat ki, a megemelkedett energiafelhasználás mellett. Az építési termékek közül a nyílászárók teljesítményjellemzőinek változása

a leggyakoribb, ugyanis jelenlegi konstrukciójuknál fogva a legsérülékenyebb elemei az épületnek, hiszen az egyetlen, mozgó és naponta mozgatásnak kitett épületem. A nyílászárók teljesítményromlása különösen a passzívházaknál kritikus, ahol a nyílászárók teljesítménycsökkenése akár a passzívház minőségének elvesztéséhez is vezethet.

Ebben a cikkben vizsgálatokkal és számításokkal arra szeretnénk rámutatni, hogy az időben csökkenő légzárási teljesítménnyel miként változik az ablak filtrációs hővesztése, szemben az időben állandó transzmissziós hővesztéssel. A második mérősortozatot követő vasalatállítással arra kerestük a választ, hogy a megnövekedett légáteresztési értéket milyen mértékben lehet csökkenteni a zárás szorosságával. Ez azért kiemelten fontos a kutatásunk szempontjából, mivel a gyakorlatban számos esetben találkozhatunk rosszul beállított, vagy elállítódott, hibás működésű nyílászárókkal, amelyek a tervezett teljesítményjellemző értékeket nem biztosítják. Kutatásunk végső céljaként egy olyan robotizált termék kifejlesztését tűztük ki célul, amely képes az eredeti teljesítményjellemző értékeket nagy biztonsággal a teljes életciklusán keresztül az előírt értéken biztosítani. Az eredmény eléréséhez további tervezett kísérleteket kívánunk elvégezni, amelyek hozzájárulnak a termék degradációs modelljének felállításához is.

Elméleti háttér

Egy épület hővesztése két részből, a szellőzési és a transzmissziós hővesztésből tevődik össze. Az épület nyílászárói mindkét veszteségben jelentős szerepet játszanak. A nyílászáró – mint építési termék – egy épület transzmissziós hővesztéséhez a hőátbocsátási tényezőjével (UW , W/m^2K), a szellőzési veszteségekhez pedig a szerkezet légáteresztésével járul hozzá (Zöld 2006).

A szabályozatlan légszivárgás három módon is hatással van az épület energiafelhasználására. Először is a környezetből a helyiségbe beáramló levegő hőmérsékletét növelni vagy csökkenteni kell. Másodszor, a beáramló levegő a helyiségben kialakuló páratartalom értékét is befolyásolja, amit szintén csak többlet energiával lehet szabályozni. A harmadik járulékos tényező akkor jelentkezik, ha az épület fűtési-hűtési rendszerének méretezése során nem számoltak a légszivárgásból adódó többlet energiával (Urbikain 2009).

Az épület 7/2006.(V.24.) TNM rendelet szerinti fajlagos hővesztéstényezője (q_m , W/m^3K) kö-

vetelményértékének teljesüléséhez, valamint a fűtés primer energiaigényének (E_f , kWh/m²a) minimális értéken tartásához mindkét teljesítményjellemzőt alacsony szintre kell hozni. A rendeletben meghatározott számításokhoz szükséges ismernünk az adott épület óránkénti légcsereszámát (n , 1/h). Energetikai számítás és épületgépészeti tervezés során a tervezőnek lehetősége van a légcsereszámot a követelményszabványból kivenni, és azzal számolni, de a pontosabb számítás érdekében, méréssel is meg lehet határozni, az ún. „Blower door” eljárással (Szánthó 2007). Egy passzívház méretezésénél elengedhetetlen a méréssel történő légcsereszám meghatározás. Passzívház esetében az 50 Pa-os nyomáskülönbséghez tartozó maximális kontrollálatlan légcsereszám megengedett értéke $n_{50}=0,6$ 1/h. Fokozott jelentőséggel bír, hogy ezt az értéket a lehető legkisebbre redukáljuk, ugyanis a tervezett légbevezetési rendszeren keresztül elegendő mennyiségű levegőt juttatunk az épületbe, melynek hőtartalmát jórészt a használt levegő hővisszanyeréséből fedezzük (Debreczy 2010). A nyílászárók résein, valamint a különböző szerkezeti elemeken, építési hézagokon áramló levegő hőáramát a következő összefüggéssel számíthatjuk:

$$q_{fil} = \dot{V} \cdot \rho \cdot c \cdot \Delta t \quad [W] \quad [1]$$

ahol:

- q_{fil} – az építési hézagokon áramló levegő-hőárama [W]
- \dot{V} – térfogatáram [m³/sec]
- ρ – levegő sűrűsége [kg/m³]
- c – levegő fajhője [J/kgK]
- Δt – hőmérséklet-különbség [K]

Az új építésű lakóházaknál is elvárt az említett $n=0,6$ 1/h légcsereszám-érték. Olyan épületeknél, amelyek az MSZ EN 1991-1-4:2007-es szabvány szerinti I-es vagy II-es beépítettségi osztálynak megfelelő területen állnak, a szél sebességéből származó dinamikus nyomás (torlónyomás) akár két nagyságrenddel nagyobb nyomáskülönbséget is eredményezhet, mint a külső és belső oldali hőmérséklet, és az abból eredő légsűrűség különbség okozta 3-4 Pa nyomáskülönbség. Ez jelentős filtrációnövekedést okoz.

A szél sebességéből származó felületi torlónyomás alapértékét az MSZ EN 1991-1-4:2007-es szabvány szerint az alábbi összefüggéssel számíthatjuk:

$$p_b = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot v_b^2 \quad [2]$$

ahol:

- p_b – a felületre ható torlónyomás [Pa]
- ρ – a levegő sűrűsége [kg/m³]
- v_b – a szélsébség alapértéke [m/s]

A szélsébség alapértékét a következő összefüggéssel határozhatjuk meg:

$$v_b = C_{dir} \cdot C_{season} \cdot V_{b,0} \quad [3]$$

ahol:

- v_b – szélsébség alapértéke
- C_{dir} – irányítványozó, szabvány szerinti értéke $C_{dir}=0,85$
- C_{season} – évszaktényező, a szabvány nemzeti melléklete szerint Magyarországon ez az érték $C_{season}=1$
- $V_{b,0}$ – szélsébség kiindulási alapértéke [m/s], Magyarországon a szabvány szerinti értéke $V_{b,0}=23,6$ m/s

A [3] összefüggésből következik, hogy Magyarországon a szélsébség alapértéke 20,06 m/s, amiből a [2] összefüggés alapján 251,5 Pa-os felületi torlónyomás adódik ($\rho=1,25$ kg/m³). A valóságban kialakuló nyomásérték az épület környezetének beépítettségétől és az épület magasságától függően akár a többszörösére is növekedhet. Egy fűtött épület homlokfelületén kialakuló eredő nyomáskülönbség a szél torlónyomásából és a külső és a belső tér hőmérsékletkülönbségéből származó nyomáskülönbségből adódik.

Az épület nyílászáróin a légcseréből származó hőveszteségek mellett transzmisszió útján is származnak további veszteségek, amelyek a nyílászárók hővezetési tényezőjével vannak összefüggésben. A homlokzati üvegezett nyílászárók hőátbocsátási teljesítményjellemzőinek határértékeit a – cikk írásának időpontjában – a 91/2002/EK Európai Unió Energetikai Direktívának megfelelően (EPBD) országonként saját rendeletben határozzák meg. Ez az érték passzívházaknál egységesen maximum 0,8 W/m²K lehet. Egy ablakon a transzmissziós hőáram a következő összefüggéssel számítható:

$$q_{tr} = A \cdot U \cdot \Delta t \quad [4]$$

ahol:

- q_{tr} – transzmissziós hőáram [W]
- A – felület [m²]
- U – transzmissziós hőátbocsátási tényező [W/m²K]
- Δt – hőmérséklet különbség [K]

Az épület határolószervezeteinek hőátbocsátásából származó hőveszteséget transzmissziós hőveszteségnek nevezzük. A transzmissziós hőáram számításához felhasznált transzmissziós hőátbocsátási tényező (U) értéke nem tartalmazza a sugárzás útján kialakuló hőátadást.

Anyag és módszer

Vizsgálatainkat négy különböző típusú és gyártmányú fa ablakon végeztük el. Az ablakok műszaki paramétereit az 1. táblázat, a vizsgálatok időpontjait a 2. táblázat tartalmazza. A táblázatban található hőátbocsátási tényezőket az EN ISO 10077-1:2000 szabvány szerint számítottuk, azonban ez az eredmény csekély mértékben változhat más számítási eljárás alkalmazása során (Elek 2011).

A vizsgálathoz igyekeztünk különböző méretű és záródású ablakokat összeválogatni. A légzárási vizsgálatokat az EN 1026:2001 szabvány szerint végeztük az ÉMI Nonprofit Kft. és a Nyugat-magyarországi Egyetem FAIMEI akkreditált ablakvizsgáló laboratóriumaiban. A szabványban meghatározott minden nyomásfokozaton mért légáteresztési értékhez kiszámítottuk a filtrációs hőáramokat, amelyeket a teljes ablakszerkezetre vonatkoztatott transzmissziós hőveszteséggel hasonlítottunk össze. Ezzel az összehasonlítással szeretnénk kihangsúlyozni, hogy a napjainkban fokozott figyelmet kapott hőátbocsátási tényező mellett nem elhanyagolható mértékű a nyílászáró résein keresztül kialakuló, szabályozatlan légcseréből származó filtrációs energiaveszteség. Az ablakokat először röviddel a gyártásuk után, 2007-ben vizsgáltuk, majd becsukott állapotban a vizsgáló laboratóriumban kerültek elhelyezésre. Egy évig tartó tárolás után három próbatesten ismételt légzárá-

si vizsgálatokat végeztünk vasalat- és tömítésállítás nélkül, majd a vasalatállítást követően ismét mértük a próbatestek légáteresztését. Az állítás során a szárnyban található zárógombok excenterén állítottunk úgy, hogy a lehető legszorosabb zárást biztosítsa a tok és a szárny között. A 4. számú próbatestet közel négyéves tárolás után vizsgáltuk, hasonlóan az első három próbatesthez. A légzárási adatokból az 1. valamint az 5. összefüggések felhasználásával kiszámítottuk a különböző nyomásfokozatokhoz tartozó, $1\text{ }^{\circ}\text{C}$ hőmérsékletkülönbség hatására kialakuló filtrációs és transzmissziós hőáramokat, amelyeket oszlopdiagramos formában (1–4. ábra) jelenítettük meg. Az oszlopdiagramon a mért értékekhez tartozó 95%-os konfidencia intervallumot is feltüntettük.

A második vizsgálat során minden nyomásfokozaton három ismételt mérést végeztünk, így lehetőség nyílt a vasalatállítást előtti, valamint vasalatállítást utáni filtrációs hőáram összehasonlítására. Az értékek különbségének szignifikanciáját varianciaanalízissel (ANOVA) állapítottuk meg. Mivel az 1., 3. és 4. számú ablakok oszlopdiagramjairól is jól látható az egyes vizsgálati beállításokhoz tartozó hőáramok különbsége, ezért az analízist csak a 2. számú próbatesten végeztük el, azért, hogy megbizonyosodjunk a különböző beállítások hatásairól.

Beállítások alatt értjük a gyártás utáni első mérési állapotot (1. beállítás), a raktározást követő első légzárási vizsgálat állapotát (2. beállítás), valamint az azt követő vasalatállítást utáni állapotot (3. beállítás). Az analízis alkalmazási feltételeit, miszerint a csoportok varianciája megegyezik, a hibák függetlenek, valamint az adatok normális eloszlást mutatnak az eljárás alkalmazása előtt ellenőriztük. A számításokat a STATISTICA programmal végeztük el.

1. táblázat A vizsgálatba bevont ablakok műszaki paramétereit

Table 1 The characteristics of the tested Windows

Próbatest száma	Fafaj	mérete [mm]	Nyitási mód	Szárnyak száma	Gumitömítés száma	Fugahossz [mm]	Záródási helyek száma	Hőátbocsátási tényező U [W/m ² K]	Tok-szárny profilvastagság [mm]
1.	Meranti	1230x1480	Bukó- nyíló	1	2	4914	7	1,46	68
2.	Fenyő	1780x2080	Bukó- nyíló	3	2	11640	9	1,58	68
3.	Fenyő	1500x3000	Bukó nyíló	3	1	13100	11	1,46	68
4.	Fenyő	1230x1250	Bukó- nyíló	1	1	4930	8	1,46	68

2. táblázat A vizsgálatba bevont ablakok műszaki paramétereit
Table 2 The characteristics of the tested Windows

próbatest száma	Vizsgálatok ideje	
	1. vizsgálat	2. vizsgálat
1.	2007.06.29	2008.06.06
2.	2007.06.16	2008.06.05
3.	2007.06.27	2008.06.04
4.	2007.07.25	2011.04.06

Eredmények és kiértékelés

Az 1–4. ábrák a vizsgált próbatestek filtrációs és transzmissziós hőáramait tartalmazzák 1 °C hőmérséklet-különbség mellett.

A 1. ábrán látható, hogy az 1. próbatest gyártás utáni filtrációs hőárama csak 450 Pa torlónyomáson és afölött haladta meg a transzmisszióból adódó hőáramot, míg ezzel szemben a tartós állást követően a megnövekedett légáteresztés hatására már 100 Pa nyomáson megközelítette és 150 Pa nyomáson már 0,2 W-tal meg is haladta a transzmissziós hőáram 2,6 Wattos értékét.

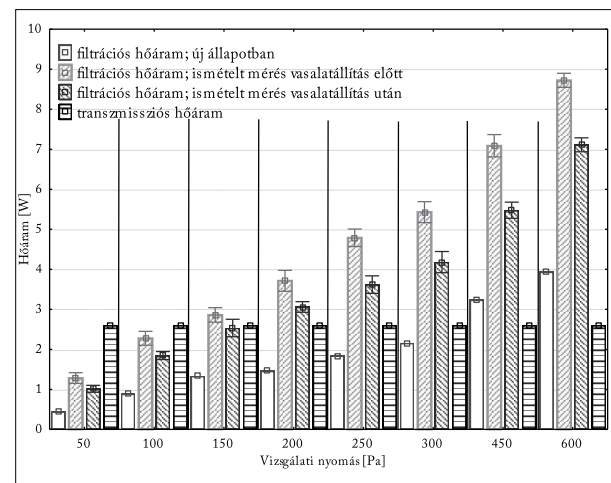
A legkisebb mértékű teljesítményromlást a 2. próbatestnél tapasztaltuk, amely egy kétszárnyú, közepesen felnyíló, felülvilágítóval rendelkező ablak volt (2. ábra). Annak érdekében, hogy egyértelműen meghatározhassuk, van-e hatása a tárolásnak, valamint a vasalatállításnak, varianciaanalízist végeztünk. Az analízis keresztosztályozását egy rögzített (nyomás) és egy véletlen faktor (beállítás) szerint végeztük el. A többi próbatest diagramjai jól szemléltetik az eredményeket, ezért nem tartottuk indokoltnak a varianciaanalízis alkalmazását. Az analízis eredményét a 3. táblázat tartalmazza. Látható, hogy a beállítás hatása szignifikáns: az F próbastatisztika értéke 1208,9; p értéke pedig nagyon kicsi.

Annak valószínűsége tehát, hogy a nullhipotézis (beállításoknak nincs hatása az ablak légáteresztésére) érvényessége esetén az 1208,93 vagy annál nagyobb értéket kapjunk 0,0%, tehát nem fogadjuk el a nullhipotézist.

Mivel az összes beállítás várható értékének egyenlőségére végzett F-próba szignifikáns különbségeket mutatott ki, ezért elvégezhető a tervezett összehasonlítás Bonferroni-módszer alkalmazásával (Kemény 2000). A nyomásfokozatonként történt páros összehasonlítás eredményét a 4. táblázat tartalmazza.

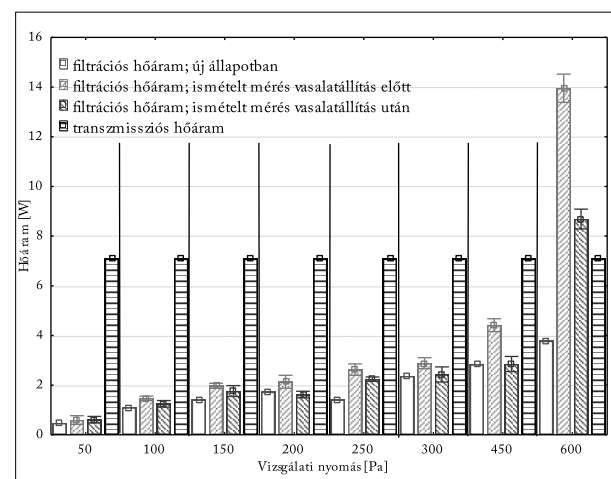
A 3. próbatest volt a kísérletsorozatban szereplő ablakok közül a legnagyobb méretű ablak.

Az alacsonyabb hővezetési értéknek köszönhetően az ablakszerkezeten, 1 °C hőmérsékletkülönbség hatására átáramló transzmissziós hőáram csupán 6,57 Watt (3. ábra).



1. ábra Az 1. számú próbatest filtrációs és transzmissziós hőáramának változása a vizsgálati nyomás függvényében

Figure 1 Heat flow by filtration and transmission of sample 1 as a function of test pressure



2. ábra A 2. számú próbatest filtrációs és transzmissziós hőáramának változása a vizsgálati nyomás függvényében

Figure 2 Heat flow by filtration and transmission of sample 2 as a function of test pressure

3. táblázat A 2. próbatest ANOVA táblázata

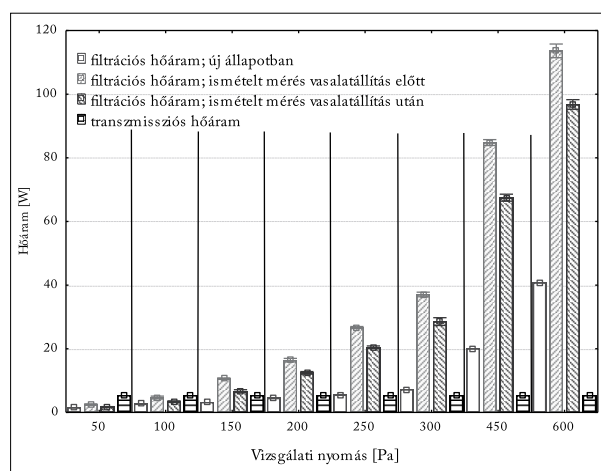
Table 3 ANOVA results for sample 2

Az eltérés forrása	SS	df	MS	F ⁰	p
nyomás	250,7324	7	35,8189	3334,93	0,00
beállítás	25,9690	2	12,9845	1208,93	0,00
nyomás * beállítás	70,8307	14	5,0593	471,05	0,00
maradék	0,3437	32	0,0107		

4. táblázat A 2. próbatest Bonferroni-féle tervezett összehasonlítás eredményei

Table 4 Results of Bonferroni comparison for sample 2

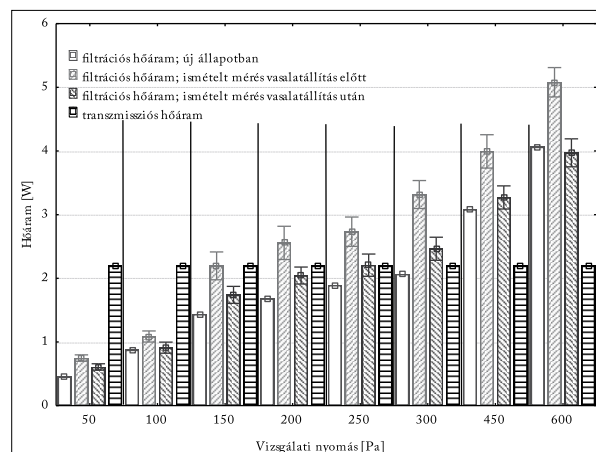
Vizsgálati nyomás [Pa]	Szignifikáns különbség a beállítások között
50	nincs szignifikáns különbség a beállítások között
100	nincs szignifikáns különbség a beállítások között
150	1. és 2. beállítás között kimutatható
200	2. és 3. beállítás között kimutatható
250	mindhárom beállítás között kimutatható
300	1. és 2., valamint a 2. és 3. beállítás között kimutatható
450	1. és 2., valamint a 2. és 3. beállítás között kimutatható
600	mindhárom beállítás között kimutatható



3. ábra A 3. számú próbatest filtrációs és transzmissziós hőáramának változása a vizsgálati nyomás függvényében

Figure 3 Heat flow by filtration and transmission of sample 3 as a function of test pressure

Az első (gyártás utáni) vizsgálat során az ablak nagy mérete ellenére 300 Pa nyomásig a 4. légzárási osztálynak megfelelően teljesített, azonban az alacsony hővezetési tényezőnek köszönhetően a filtrációs veszteségek már 250 Pa nyomáson meghaladták a transzmissziós hőveszteséget. Az ablak kémleletes tárolása során is olyan mértékben romlott az ablak légzárása, hogy a filtrációból származó veszte-



4. ábra A 4. számú próbatest filtrációs és transzmissziós hőáramának változása a vizsgálati nyomás függvényében

Figure 4 Heat flow by filtration and transmission of sample 4 in function of test pressure

ségek alacsonyabb nyomásértékeken is meghaladták a transzmissziós veszteségeket, amit a záródás szorosságának növelésével sem lehetett számottevően csökkenteni.

A 4. próbatest közel négyéves tárolás után is minden nyomásfokozaton a 4. osztálykövetelménynek megfelelően teljesített. A vasalattállítást megelőzően a légáteresztési értékek megközelítették a minősítő határértékeket, mindamelllett az állításnak köszönhetően az ismételt mérési eredmények közel estek a gyártás utáni első vizsgálat eredményeihez. Alacsony nyomásfokokozatokon a filtrációs veszteségek jelenősen elmaradnak a transzmissziós hőátbocsátástól (50–100 Pa-ig) és csak 200 Pa nyomás felett haladták meg a filtrációs a transzmissziós veszteségeket (4. ábra).

Következtetések

A kísérletek eredményeiből, valamint a számításokból kiderül, hogy a növekvő, szabályozatlan légáteresztésből származó fűtési-hűtési energiatöbblet (filtrációs veszteség) megközelítheti, vagy akár meg is haladhatja a nyílászáró transzmissziós hőveszteségét. A probléma azért kiemelt fontosságú, mert – megfelelő alapanyagok felhasználása esetén – a transzmissziós hőveszteség az ablak teljes élettartama alatt csak csekély módon változhat, viszont gondatlan kezeléssel, a karbantartás elmulasztásával a filtrációs energiaveszteség jelentős mértékben növekedhet, amit kis odafigyeléssel meg lehet akadályozni. Kísérletekkel sikerült bizonyítani, hogy a nyílászárók légzárási teljesítménye az idők folyamán külső környezeti hatásoktól függetlenül is folyamatosan változik. A légzárási teljesítménycsökkenés a vizsgált négy

próbatestnél jellemzően a nagyobb nyomásértékeken volt szignifikáns. A változás következtében az állandónak vett transzmissziós hőveszteségek mellett a filtrációból származó hőveszteségek fokozatosan növekedtek. A vizsgált próbatestek öregedésével a transzmissziós hőveszteséget megközelítette, vagy meg is haladta a filtrációból származó hőveszteség, ami jellemzően 150 Pa torlónyomáson következett be. Az ismételt mérésorozat során elvégzett vasalatállítást a próbatestek légzárási teljesítményére kimutatható hatással volt. Az állítás hatására a vizsgálatba bevont négy próbatest közül háromnál a lecsökkent légzárási értékek jelentősen nem különböztek az első mérés során kapott eredményektől. Az ismételt mérések eredményei rámutatnak arra, hogy az egyre szigorodó követelmények mellett nagy figyelmet kell fordítani arra, hogy a beépített nyílászárók teljesítményjellemzőinek értékei a termék tervezett élettartama során megbízhatóan, a kezdeti értékeken maradjanak. Mivel az ablakok légzárásának használat közbeni változása további teljesítményjellemzők értékére is hatással van, ezért fokozottan indokolt a megbízhatóan alacsony légáteresztés biztosítása. A használat során kiemelt figyelmet kell fordítani a vasalatok beállítására, ugyanis egy elégtelen záródás negatívan befolyásolhatja az épület energiafelhasználását.

Köszönetnyilvánítás

„Bencsik Balázs publikációt megalapozó kutatása a TÁMOP 4.2.4.A/2-11-1-2012-0001 azonosító számú Nemzeti Kiválóság Program – Hazai hallgatói, illetve kutatói személyi támogatást biztosító rendszer kidolgozása és működtetése konvergencia program című kiemelt projekt keretében zajlott. A projekt az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával valósul meg.”

Irodalomjegyzék

- Bangalee M Z I, Lin S Y, Miau J J, Wind driven natural ventilation through multiple windows of a building, *Energy and Buildings* 45 (2012) 317–325
- Bánhidi L, Kajtár L (2000) *Komfortelmélet*. Műegyetemi Kiadó, Budapest, 187–202. oldal
- Debreczy Z (2010) *Passzívházak tervezésének alapjai*. Kiadó: Passzívház Akadémia Kft. Budapest, 49–56. oldal
- Elek L (2011) Ablakszerkezetek hőátbocsátási tényezőjének meghatározása hőhídhatások figyelembevételével, *Faipar* 59(1) 5–11
- Kemény S, Deák A (2000) Kísérletek tervezése és értékelése. Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 212–217. oldal
- Magyar T (2007) A helyiség-átöblítés szerepe a légtechnika energiatudatos tervezésében Magyar Épületgépészet 56(5)7–11
- Orme M, Estimates of the energy impact of ventilation and associated financial expenditures, *Energy and Buildings* 33 (2001) 199–205
- Poroszlai I (2007) A szellőztetés nélkülözhetetlen I. Magyar Építéstechnika 2007/45(10)28–29
- Specht K (2010) Where is energy optimisation heading? New designs, materials, provision in prEN 10077 and dispensations regarding documentary evidence. International Rosenheim Window & Facade Conference 2010 Rosenheim 7-8 October 2010, Germany
- Sieberath U (2010) Green Windows – more than just energy-efficient? International Rosenheim Window & Facade Conference 2010 Rosenheim 7-8 October 2010, Germany
- Szabó Gy (1982) Ablakszerkezetek energetikai méretezése, *Építésügyi Tájékoztatói Központ*, Budapest, 93–111. oldal
- Szánthó Z, Chappon M., Elekes L. (2007) Légtömör épület önmagában még nem elég. *Hírhullám – Épületgépészeti szaklap* 8(4) 20–24
- Urbikain M K, Sala J M, Analysis of different models to estimate energy savings related to windows in residential buildings, *Energy and Buildings* 41 (2009) 687–695
- Zöld A (2006) Az új épületenergetikai szabályozás, Terc Kiadó, Budapest, 12–28. oldal
- 7/2006. (V.24.) TNM rendelet az épületek energetikai jellemzőinek meghatározásáról. Magyar Közlöny 2006/62. Magyar Hivatalos Közlönykiadó, Budapest
- MSZ EN 1026:2001; Ablakok és ajtók. Légzáróság. Vizsgáló módszer
- MSZ EN 12207:2001; Ajtók és ablakok. Légáteresztés. Osztályba sorolás
- MSZ CR 1752:2000; Épületek szellőztetése. Épületek belső környezetének tervezési alapjai (angol nyelvű)

Fa és fa alapú építőanyagok emissziója

PATKÓ Csilla¹, PÁSZTORY Zoltán¹

¹ Nyugat-magyarországi Egyetem, Simonyi Károly Kar, Innovációs Központ

Kivonat

A faanyag az egyik legismertebb környezetbarát alapanyag, sejtjei magas részarányban tartalmaznak szenet, melyet a légkör CO₂ tartalmából abszorbeálnak. A faanyag megmunkálási folyamata jelentősen kevesebb energiát igényel, mint más anyagoké, például fémek vagy szilikát bázisú anyagok. A fa alapú lemezek gyártása során alkalmaznak vegyi anyagokat is ragasztóanyagként vagy felületkezelés céljára, melyeknek jelentős az illékony szervesanyag-kibocsátása (Volatile Organic Compounds – VOC). Ezek az anyagok egészségügyi kockázatot jelenthetnek, különösen épületek belső tereiben. A természetes faanyagból is párolognak ki VOC vegyületek, például formaldehid, hexanal vagy terpének. Ez a cikk áttekintést ad a fa alapú építőanyagokból származó VOC anyagok koncentrációinak mért eredményeiről és bemutatja az illékony anyagok, különösen a formaldehid koncentrációjának csökkentésére tett kísérletek eredményeit.

Kulcsszavak: illékony szerves anyagok, VOC, formaldehid, fenol, melamin, emisszió, fa alapú építőanyagok

Emission of wood and wood based products

Abstract

Wood is one of the most environment-friendly raw materials. Wood cells contain a high amount of carbon absorbed from the atmospheric CO₂. Wood as a raw material has a very low demand of energy during manufacturing compared to other materials such as metals or silicate based materials. Wood based products contain chemical materials in the form of adhesives or finishes, etc. These chemicals cause significant emission of volatile organic compounds (VOCs), that could cause health risks, especially in indoor spaces. Natural wood emits VOCs as well, e.g. formaldehyde hexanes or terpenes. This article gives an overview of the measured emissions of VOCs from wood products. Moreover, it presents the results of some experiments aimed at reducing the emission of VOCs.

Key words: volatile organic compounds, VOC, formaldehyde, phenol, melamine, emission, wood based products

Bevezetés

Az elmúlt években jelentős kutatások folytak a magyarországi fahasznosítás, fafeldolgozás területén. Az egyik kutatási cél a környezetbarát gyártási technológiák fejlesztése, a fafeldolgozás környezetkárosító hatásának csökkentése, illetve a termékek ökológiai mérlegének meghatározása és összegyűjtése egy adatbázisba (Molnár és tsai. 2005). A természetes faanyag közismerten az egyik leginkább környezetkímélő nyersanyag. Az alacsony megmunkálási energiaigénye mellett a CO₂ tárolási hatása is jelentős. A fatermékek gyártása során felhasználnak kémiai anyagokat ragasztáshoz, felületkezeléshez. Ezek a többségükben vegyi

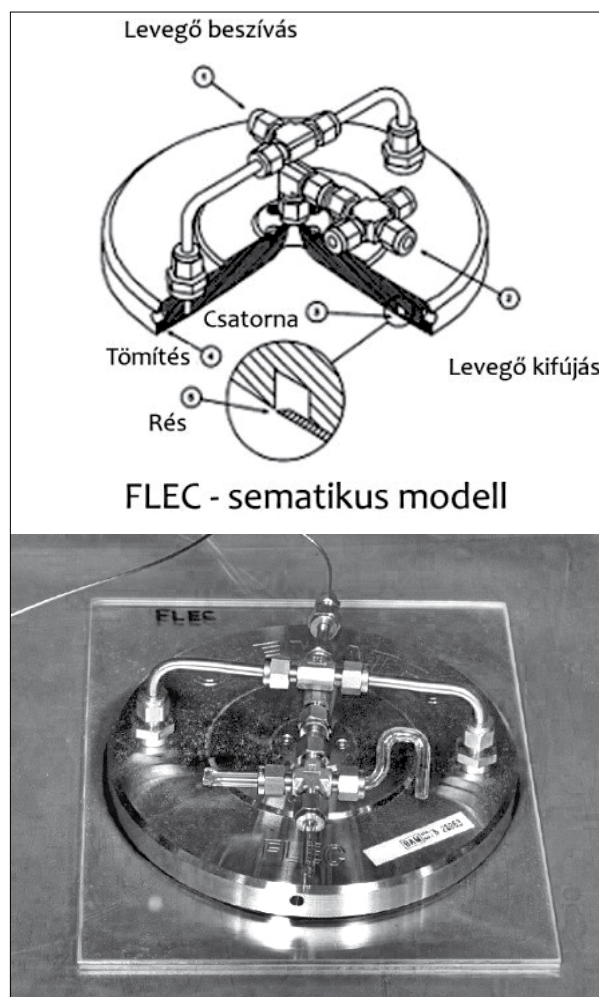
anyagok már esetenként jelentős illékony szervesanyag-emisszióval rendelkeznek.

A kompozit fa alapú anyagok (OSB, forgácslap, MDF, rétegelt lemez, stb.) széles körben elterjedt építőanyagok, melyek fa elemekből és kötőanyagként alkalmazott gyantából vagy más ragasztóanyagból állnak. Összetevőik harmadik csoportját a kötést segítő, szilárdságot növelő, illetve valamilyen más speciális célból bekevert, többnyire kis mennyiségű vegyi anyagok alkotják. Az elmúlt években számos tanulmány foglalkozott az épületekbe beépített kompozit fa alapú építőanyagokból felszabaduló illékony szerves anyagokkal, melyek a beltéri levegőbe távoznak (Guo et al. 2002, Tichenor 1987,

Van de Wal et al. 1990, ECA-IAQ Report No.8 1991, ECA-IAQ Report No.13 1993, Sumin et al. 2006, Ze-Li et al. 2013). Ezek az anyagok lehetnek: terpének, aromás és alifás szénhidrogének, C1–C4 alkáli-benzolok, alkánok, továbbá cyclo-alkánok. A forrásaik főként a ragasztáshoz felhasznált gyanúsítottak, és egyéb felületkezelő anyagok (Environment Protection Agency 1996). Világszerte jelentős számú tanulmányban publikálták a formaldehid emissziójának mért koncentrációit különböző típusú épületek beltereiben (McGraw-Hill 1999). Az 1. táblázatban mutatjuk be a World Health Organisation (WHO) által megadott formaldehid-koncentráció mért határértékeit beltéri levegőben (WHO 1989).

Tesztkamrás mérések alapján határozzák meg a beltéri levegő minőségét befolyásoló vegyületeket (WHO 2010, ASTM-D6007-96, ECA-IAQ Reports 1993). Az európai országokban 1992-től kezdődően elfogadják, és magukra nézve kötelezővé teszik az ASTM (American Society of Testing and Materials Standard) szabvány alapján történő vizsgálatokat, melyben számos anyag, termék és rendszer műszaki szabályait határozták meg (Sumin 2006). A tesztkamrás mérések célja, hogy már az építőanyagok előállításánál ki lehessen szűrni azon anyagokat, melyek a normákat meghaladó mértékű kipárolgást eredményezhetnek. A laboratóriumi mérések mellett helyszíni esettanulmányokat is készítettek, ezek száma azonban jóval kevesebb. A VOC anyagok forrásainak laboratóriumi és helyszíni detektálására fejlesztették ki (CEC-prENV 13419-2, 1998) a FLEC (Field and Laboratory Emission Cell) mérőeszközt (1. ábra), mely hordozható, így a helyszínen közvetlen mintavételt tesz lehetővé (Uhde 1998). A mintavétel során a mérőeszközt ráhelyezik a mérni kívánt felületre, melyet légmentesen lehet ráerősíteni.

A mérőeszközhöz erősített levegőszivattyú segítségével áramlik keresztül a levegő. A kiáramló levegőt a mintavételi csőre csatlakoztatják (Tenax TA), mely a levegőből megszűri az illékony szerves anyagokat (Wolkoff 1991). Egyre nagyobb figyelem fordul az egészséges beltéri levegő biztosítására. A publikációban olyan tanulmányokat mutatunk be, melyek a különböző fa alapú építőanyagok károsanyag-emisszióját vizsgálták laboratóriumi környezetben



1. ábra FLEC mérőeszköz

Figure 1 FLEC instrument

1. táblázat A formaldehid-koncentráció különböző országokban (forrás: WHO 1989)

Table 1 Concentrations of formaldehyde in different countries (source: WHO 1989)

Ország	Kutatás	Év	Formaldehid-koncentráció [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]
Anglia	Building Research Establishment (BRE)	1997–1999	22,2–171
Németország	GerES IV	2003–2006	23,3–68,9
Finnország	EXPOLIS	2003	8,1–77,8
Ausztria	Hutter et al.	2006	25–115
Franciaország	French Observatory on Indoor Air Quality	2003–2005	19,6–86,3
Kanada	Gilbert et al.	2005	9,6–90
Arizona	National Human Exposure Assessment Survey	1999	21–46
Japán	National Institute of Health Sciences	1996	5–600

illetve helyszínen. Továbbá bemutatjuk az illékony anyagok, különösen a formaldehid emissziójának csökkentésére tett kísérletek eredményeit.

Esettanulmányok

MDF, rétegelt és más ragasztott fa alapú lemezek vizsgálatai

Guo és tsai. tanulmányukban (2002) tesztkamrás méréseket végeztek rétegelt lemez, háromféle MDF lemez és forgácslap károsanyag-emissziójának vizsgálatára. A rétegelt lemez és MDF lemez fenol-formaldehid gyantát tartalmaztak. A forgácslap faforgácsból, és 6–8% karbamid-formaldehid (UF) gyantából készült. Külső felületére melammal impregnált papírbevonat került. A tesztkamrás mérések eredményeiből kimutatták, hogy az MDF lapból ($352 \mu\text{g}/\text{m}^2\text{h}$), és a faforgácslapból ($88 \mu\text{g}/\text{m}^2\text{h}$) távoznak legnagyobb koncentrációban a VOC anyagok. A legalacsonyabb koncentrációkat a rétegelt lemeznél ($65 \mu\text{g}/\text{m}^2\text{h}$) mérték. Az MDF lapból származott a legmagasabb koncentrációban a formaldehid ($733\text{--}2292 \mu\text{g}/\text{m}^2\text{h}$), a rétegelt lemezből pedig a legalacsonyabb formaldehid koncentráció ($10\text{--}30 \mu\text{g}/\text{m}^2\text{h}$). A maximális összesített VOC (Total VOC-TVOC) értékek a rétegelt lemezből $64,6 \mu\text{g}/\text{m}^3$, a forgácslapból $154 \mu\text{g}/\text{m}^3$, az MDF lapból $408 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (2. táblázat).

Egy 2013-as tanulmányban Ze-Li és társai 13 db, különböző méretű, minőségű és korú, fa alapú anyag emisszióját vizsgálták tesztkamrás mérésekkel. A mérések az európai tesztkamrás mérés formaldehid kibocsátás meghatározásáról szóló EN 717-1 szabványnak megfelelően történtek. A méréseket 23°C hőmérsékleten és 45% relatív páratartalom mellett végezték. Az MDF formaldehid koncentrációjának értéke ($0,63 \text{ mg}/\text{m}^3$) magasabb volt a WHO által megengedett értéknél ($0,12 \text{ mg}/\text{m}^3$). A rétegelt lemezek emisszióinál aldehidek, aromás szénhidrogének, terpének (pentanal, hexanal, α -pinén, 3-karén, benzaldehid és nonanal) koncentrációi voltak kiemelkedők. Az MDF-ből ugyanezen anyagok emisszióját detektálták (2. ábra).

2. táblázat VOC és a formaldehid mért koncentrációi (forrás: Guo et al. 2002)

Table 2 VOC and formaldehyde concentrations (source: Guo et al. 2002)

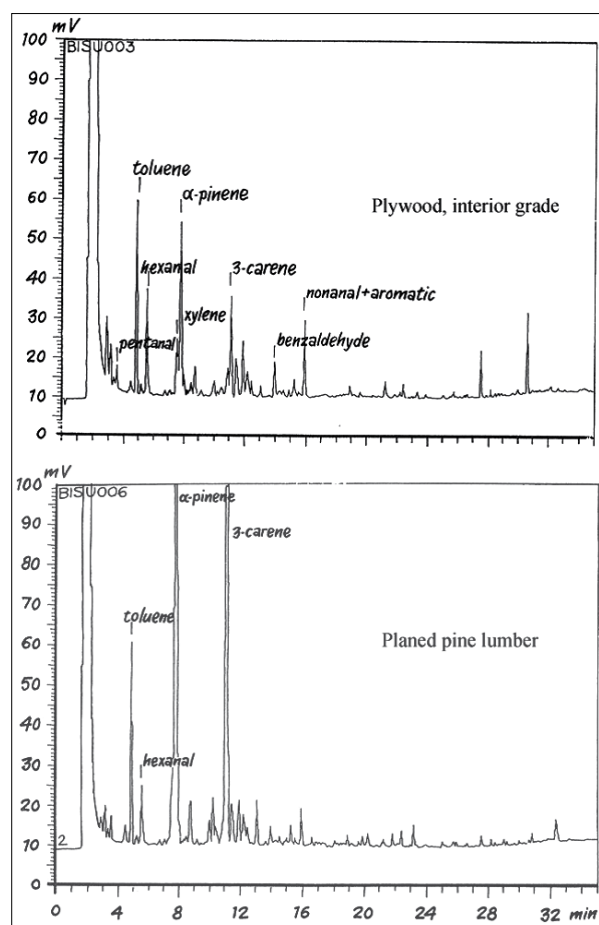
Építőanyag	VOC [$\mu\text{g}/\text{m}^2\text{h}$]	Formaldehid [$\mu\text{g}/\text{m}^2\text{h}$]	TVOC [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]
MDF	352	733–2292	408
faforgácslap	88	83–1042	154
rétegelt lemez	65	10–30	64,6

A 3. táblázatból látszik, hogy a fenyőnek ($900 \mu\text{g}/\text{m}^3$) és az új faforgácslapnak ($450 \mu\text{g}/\text{m}^3$) voltak a legmagasabb TVOC értékei. A 2 hetes faforgácslapban aldehidek (pentanal, benzaldehid, nonanal) és terpének (α -pinén, 3-karén) voltak kiemelkedő koncentrációban (3. ábra). A 10 éves forgácslapban ugyanazok az anyagok voltak detektálhatók, viszont jelentősen kisebb koncentrációban (TVOC= $110 \mu\text{g}/\text{m}^3$). Ez alátámasztja azt a korábbi feltételezést, hogy a VOC anyagok felszabadulása a fa alapú építőanyagokból idővel csökken.

A legalacsonyabb TVOC értékei a farostlemeznek ($80 \mu\text{g}/\text{m}^3$) voltak. A tanulmányban megállapítják, hogy az MDF és farostlemezek hőpréselése során ($180\text{--}220^\circ\text{C}$ között, 5–15 percig) nagy mennyiségben távoznak VOC anyagok és formaldehid. A kész építőlemezekben terpének és aldehidek maradnak vissza.

Az MDF alapanyagainak vizsgálata

Zhongkai és tsai. tanulmányukban (2012) az MDF gyártásának folyamatánál felhasznált



2. ábra Rétegelt lemez és MDF VOC koncentrációinak GC-kromatogramja (forrás: Ze-Li et al. 2013)

Figure 2 GC-chromatogram contained VOC components of Plywood and MDF panels (source: Ze-Li et al. 2013)

3. táblázat Építőanyagok TVOC emissziói, aldehidek és terpének százalékos arányai (forrás: Ze-Li et al. 2013)**Table 3** Percentage ratio of TVOC emissions of building materials (source: Ze-Li et al. 2013)

Faanyag	Vastagság [mm]	TVOC [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	Aldehidek [%]	Terpének [%]	Egyéb [%]
kemény farostlemez	3,5	80	4	96	
rétegelt lemez	9	150	8	25	67
MDF	16	110	8	18	74
fenyő	25	900	1	81	18
faforgácslap (2 hetes)	16	450	32	22	46
faforgácslap (10 éves)	12	110	6	19	75

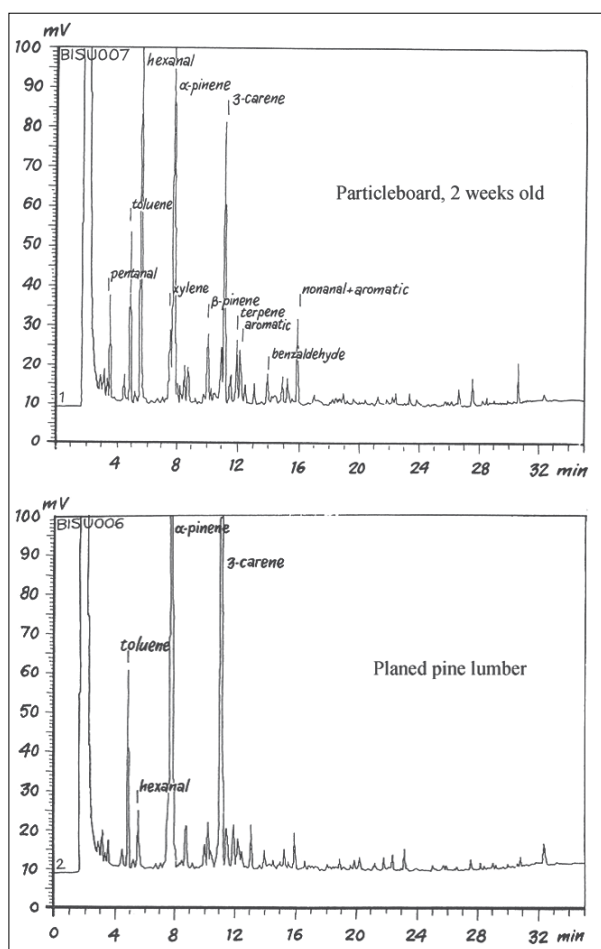
**3. ábra** Faforgácslemez és fenyő fűrészelt fa VOC koncentrációinak GC-kromatogramja (forrás: Ze-Li et al. 2013)

Figure 3 Figure 3 GC-chromatogram contained VOC components of particleboard and planed pine lumber (source: Ze-Li et al. 2013)

anyagok (KF gyanta, farost, PF gyanta, kész MDF) emisszióit mérték tesztkamrában. A gyártási folyamat során a faaprítékot rostosítják, majd KF gyantával összekeverik. A keveréket szétterítik, előpréselik, előkészítik a hőpréseléshez, szárítják, tömörítik, ragasztják, lehűtik, és csiszolják. A tesztkamrás mérések eredményeiből kimutatták, hogy a fa alapanyag

formaldehid-koncentrációja jóval alacsonyabb a kész MDF lapnál mért koncentrációnál. Miután összekeverték a farostot a KF gyantával és előpréselték, csökkent a formaldehid emissziója, feltehetően a préselés hatására. A hőpréselés után is jelentős csökkenés következett be a formaldehid-emisszióban. A KF és PF gyanták formaldehid-koncentrációja nagymértékben eltér egymástól, a KF gyantának tízszeres a koncentrációja a PF gyantához képest. Ennek magyarázata, hogy a KF gyantában létrejövő reakció a karbamid és formaldehid között reverzibilis folyamat, emiatt több szabad formaldehidet tartalmaz (Kumar és Sood 1990). Míg a PF gyantában több aktív fenolcsoport tud a formaldehiddel reakcióba lépni (Salthammer et al. 2010). A vizsgálat konklúziója: a hőpréselés hőmérsékletének emelésével a gyanta formaldehid-tartalmát lehet szabályozni a leghatékonyabban. A hőpréselés hőmérsékletének emelése viszont a fizikai tulajdonságok romlásához járulhat hozzá.

A fa építőanyagok szárítása és hőkezelése során mérhető emissziók

Több tanulmány is foglalkozik a faanyagok szárítása és hőkezelése hatására történő kémiai változásokkal (McGraw és tsai 1999, Lavery és Milota 2000, Milota 2000, Kotilainen 2000, Shi és tsai. 2007, Peters és tsai. 2008, Ahajji és tsai. 2009, Hyttinen és tsai. 2010, Heigenmosera és tsai. 2013). A fa fő alkotó eleme a cellulóz, a hemicellulóz és a lignin. A hőkezelési eljárást a faanyag tulajdonságainak módosítására alkalmazzák (160–240 °C), ezzel növelve tartósságát, javítva esztétikai megjelenését, és csökkentve a nedvesség hatására fellépő deformáció mértékét. Egyik legjellemzőbb hatása a fa színének megváltozása (sötétedése), illetve nem kívánt hatása a fa szilárdságának csökkenése. Finnországban már az 1920-as évektől tanulmányozták és fejlesztették az eljárást. Mivel ehhez az eljárás-

hoz nem használnak semmilyen kémiai anyagot, egy lehetséges környezetbarát eljárásnak tekintették a faimpregnálás mellett. Az így létrejött fa építőanyagot nemcsak szerkezeti építőanyagként használják, hanem esztétikai hatása miatt belsőépítészeti elemként is (padlóburkolat, nyílászáró, stb.). Az új tulajdonságok nagyban függenek magától a fafajtától, annak eredeti kémiai összetételétől és sejtsztruktúrájától. A hőkezelés alatt illékony szerves anyagok (VOC) szabadulnak fel. A hődegradációra a hemicellulóz reagál a legérzékenyebben ($<200^{\circ}\text{C}$) (Heigenmosera és tsai. 2013).

Manninen és tsai. tanulmányukban (2002) a hidrotermikus eljárás hatását vizsgálták fenyő faanyag esetén. A tanulmányban hőkezelt és szárított faanyagokból kibocsátott VOC anyagok koncentrációját hasonlították össze. A szárított fából hétszer magasabb a TVOC anyagok koncentrációja, mint a hőkezelt fából. A terpének 77%-át, míg az aldehidek 20,9%-át képezték a teljes TVOC koncentrációnak. Alacsony koncentrációban voltak jelen az alkoholok, ketonok és aromás szénhidrogének, míg alifás szénhidrogéneket nem detektáltak (4. táblázat). Összesen 41 féle illékony szerves anyagot azonosítottak, amiből 14 volt azonos a két eljárásnál. A szárított fánál a terpének közül az alfa-pinén, a 3-karén, az aldehidek közül pedig a hexánál volt kimutatható. A hőkezelés alatt a hemicellulóz degradálódásának hatására ecetsav keletkezik. A hőkezelt fánál az aldehidek, a karbonsavak és a ketonok közül a furfurool, az ecetsav és a 2-propanon tette ki a TVOC értékének 60%-át. Összegzésként megállapították, hogy az illékony anyagok nagy része az eljárások során elpárolog.

4. táblázat VOC anyagok mért koncentrációjának százalékos aránya (forrás: Manninen et al. 2002)

Table 4 Percentage ratio of VOC substances (source: Manninen et al. 2002)

Vegyületek	Légszáritott fa [%]	Hőkezelt fa [%]
Alkoholok	0,28	5
Aldehidek	20,9	34,54
Ketonok	0,55	16,2
Alifás szénhidrogének	0,05	1,82
Aromás szénhidrogének	0,38	2,11
Terpének	77	9,69

Egy másik tanulmány (Hyttinen és tsai. 2010) három fafaj – a lucfenyő (*Picea abies*), az erdeifenyő (*Pinus sylvestris*) és a rezgőnyár (*Populus tremula*) – hőkezelt és szárított változatait hasonlította össze tesztkamrás mérésekkel egy hónapon keresztül. Eredményeikben szintén kimutatták, hogy a hőkezelt fából jóval alacsonyabb VOC kipárolgást mértek, mint a szárított fánál. A terpének kipárolgása a hőkezelt fánál nem volt jelentős (6. táblázat), viszont aldehidek (furfurool és hexánál) és karbonsavak (ecetsav) kipárolgása volt a domináns (5. táblázat).

Összegzésként a hőkezelt fáknál a VOC kipárolgás jóval alacsonyabb, mint a kezelés előtt. Ez egybehangzik más tanulmányok eredményeivel is (Peters és tsai. 2008). Megállapították, hogy a hőkezelt fatermékek nem befolyásolják a beltéri levegő minőségét.

5. táblázat Emittált aldehidek és karbonsavak ($\mu\text{gm}^{-2\text{h}^{-1}}$) rátája szárított és hőkezelt rezgőnyárból, lucfenyőből, és erdeifenyőből (forrás: Hyttinen és tsai. 2010)

Table 5 Specific emission rates of organic acids and aldehydes ($\mu\text{gm}^{-2\text{h}^{-1}}$) from air-dried and heat-treated European Aspen, Norway Spruce and Scots Pine. (source: Hyttinen et al. 2010)

Fafajta	Mintavétel ideje	
	2 nap $\mu\text{gm}^{-2\text{h}^{-1}}$	28 nap $\mu\text{gm}^{-2\text{h}^{-1}}$
Nyárfa (szárított)	448	479
Nyárfa (hőkezelt)	105	224
Lucfenyő (szárított)	25	20
Lucfenyő (hőkezelt)	77	61
Fenyő (szárított)	38	73
Fenyő (hőkezelt)	40	79

6. táblázat Emittált aldehidek és karbonsavak ($\mu\text{gm}^{-2\text{h}^{-1}}$) rátája szárított és hőkezelt rezgőnyárból, lucfenyőből, és erdeifenyőből (forrás: Hyttinen és tsai. 2010)

Table 6 Specific emission rates of terpenes ($\mu\text{gm}^{-2\text{h}^{-1}}$) from air-dried and heat-treated Norway Spruce and Scots Pine. (source: Hyttinen et al. 2010)

Fafajta	Mintavétel ideje	
	2 nap $\mu\text{gm}^{-2\text{h}^{-1}}$	28 nap $\mu\text{gm}^{-2\text{h}^{-1}}$
Lucfenyő (szárított)	340	150
Lucfenyő (hőkezelt)	26	4
Fenyő (szárított)	1698	818
Fenyő (hőkezelt)	19	9

A relatív páratartalom és a légcseré hatása a beltéri levegő formaldehid-koncentrációjára

Reponen és társai 1991-ben egy esettanulmányban az építőanyagok előregedésének és az évszakok változásának hatását vizsgálták a beltéri levegőben mérhető formaldehid koncentrációjára. A méréseket három egyforma, újjépítendő épületben végezték, amelyek egyedül a szellőztetési rendszereikben különböztek. Az első épület természetes szellőztetésű volt, a második gépi elszívású, a harmadik gépi elszívású és visszatáplálású. A méréseket a lakók beköltözése előtt kezdték, és a beköltözés után két évig folytatták. A hőmérséklet 20,6–25,7 °C között, míg a relatív páratartalom 16,8–79,6% között változott. A formaldehid legfőbb forrása az építőanyagok között a forgácslap volt, melyet a szekrényekhez és tárolókhoz alkalmaztak. A formaldehid koncentrációja a három lakásban 0,02–0,21 mg/m³ értékek között mozgott. Mindegyik esetben a mérések kezdeténél volt a legmagasabb a formaldehid-koncentráció, és a három típus közül az elsőnél (természetes szellőzés) volt a legkiemelkedőbb. Hároméves időintervallumban figyelték az építőanyagok előregedésének hatását a formaldehid-kibocsátás mértékének változásával. Megállapították, hogy az értékek folyamatosan csökkentek a kezdeti koncentráció felére a mérési időtartam során. A leggyorsabb csökkenés a harmadik típusnál volt megfigyelhető, ahol az elszívott levegővel azonos mennyiségű friss levegőt tápláltak be. Az évszakok figyelembevételével a formaldehid mért koncentrációja télen volt a legalacsonyabb. Mivel az évszakok hatással vannak a beltéri levegő hőmérsékletére és relatív páratartalmára, valószínűsíthetően ezek a légparaméterek és a változó légcseré is befolyásolhatták a formaldehid-szint változását.

Újrahasznosított fa alapú építőanyagok vizsgálata

A fa alapú építőanyagok VOC emissziója függ a fa alapanyagtól. A kemény fa, mint például a bükkfa és a tölgyfa nagyobb koncentrációban bocsát ki ecetsavat és hangyasavat, viszont kevesebb terpént bocsát ki. A puha fáknál (pl. lucfenyő) ez az arány fordított, legmagasabb koncentrációban az α -pinén, a β -pinén, a 3-karén távozik (Risholm-Sundman 1998). Továbbá a kipárolgás mértéke függ a fa életkorától, a kivágásának idejétől (Roffael 2006). A természetes fa is tartalmaz VOC anyagokat, amelyeket figyelembe vesznek a TVOC meghatározásánál. Egyre több országban fektetnek hangsúlyt az anyagok újrahasznosítására (reuse), amelyben nagy sze-

repet kap a fahulladék kiválogatása, feldolgozása és nyersanyagként való újra felhasználása (recycling), főként kompozit falemezekben, burkolatok, bútorok, válaszfal-elemek formájában. A folyamatban nem szabad figyelmen kívül hagyni a fahulladéknak a lehetséges maradék formaldehid kipárolgását a karbamid-formaldehid (KF), melamin-formaldehid (MF), fenol-formaldehid (PF) gyanta tartalmából. A fa alapanyaggal bekerült korábban felhasznált ragasztók és az aktuális ragasztási eljárásban alkalmazott ragasztók kipárolgása összeadódhat, emelve az adott termék összkibocsátási értékét.

A fa alapú építőanyagok károsanyag-emissziójának csökkentésére folyamatosan végeztek vizsgálatokat az elmúlt évtizedekben, például a nem formaldehid alapú gyanták használata, az alacsonyabb moláris tömegű UF gyanta használata, a préselési hőmérséklet hatása (Minemura 1976, Wang et al. 2003) témákban. Több országban hoztak létre az alacsony emissziójú és újrahasznosított anyagok fejlesztésére ún. „zöld” értékelő rendszereket. Ezek közül kiemelkedőek: az angol Épület Kutató Intézet Környezeti Értékelési Módszer (BREEAM), az ausztrál Zöld Csillag, a japán Épület Környezeti Hatékonyság Összesítő Értékelési Rendszer (CASBEE), a kanadai Épület és Környezeti Hatás Értékelő Kritériumok (BEPAC), és az amerikai Energetikai és Környezeti Tervezési Irányelvek (LEED) (Sumin 2010).

Fa alapú építőanyagok VOC és formaldehid emissziójának csökkenése

Song-Yung és munkatársai 2007-es tanulmányukban alacsony emissziójú forgácslap előállítását tanulmányozták újrahasznosított MDF lapokból. Ragasztóként vízbázisú PF gyantát, és PMDI (Polymeric 4, 40-metil-difenil izocianát) gyantát használtak, felületére pedig MF gyantával impregnált papírt. A PMDI egy aromás izocianát, poliuretán előállításához használják. A világon ez a legelterjedtebb izocianát, évente 5 millió tonnát állítanak elő belőle. A legkevésbé veszélyes izocianátnak számít, de bizonyos esetekben okozhat irritációt.

A mérések eredményeiből kimutatták, hogy a formaldehid-koncentráció lineárisan csökkent a növekvő PMDI/PF aránnyal. Továbbá az MF impregnált papírfelület is csökkentette a formaldehid kipárolgást. A tanulmány konklúziója, hogy a PMDI gyanta használata előnyösen befolyásolja a formaldehid kipárolgást. Feltételezhetően a PMDI molekulák vízzel való reakciójának eredményeként keletkező aminok újra reakcióba lépnek PMDI molekulákkal, így létrehozva polimereket (Wendler

és Frazier 1995). Továbbá a PMDI/PF arányának emelése jelentősen növelte az MDF lemez belső kötési szilárdságát.

„Bake-out” eljárás a VOC emisszió csökkentésére

Több tanulmányban is bemutatják az ún. „bake-out” (kiégetés) eljárást (Sumin et al. 2010), melynek során az épület légterében 32–40 °C-ra emelik a beltéri levegő hőmérsékletét, valamint gyorsítják a légcserét. Ennek eredményeképpen a beltérben található bútorok, építőanyagok VOC kipárolgását jelentősen meggyorsítják. Az egész eljárás két hetet vesz igénybe. Néhány kísérleti tanulmány azt mutatja, hogy ezzel 60–94%-os csökkenést tudtak elérni a VOC anyagok koncentrációiban.

Természetes gyanták használata

Több kísérlet született a fa alapú lemezek (MDF, forgácslap, rétegelt lemez, stb.) gyártásánál környezetbarát gyanta alkalmazására, KF és MF gyanták helyettesítésére. Fő cél a különböző fa alapú padlóburkolatok formaldehid és VOC anyagok kipárolgásának csökkentése (laminált fa padló, többretegű parketta) volt. A laminált fa padló (HDF) nagy sűrűsre préselt farostból készül, míg a többretegű, ragasztott fa padló KF és MF gyantával ragasztott fa elemekből. Ezeknek a ragasztóknak az az előnye, hogy nagyon magas a kötőszilárdságuk és alacsony a bekerülési költségük.

Sumin 2009-es tanulmányában a természetes és megújuló csersavat használta ragasztóként. Három fő forrása a Mimosa, a Quebracho és a Monterey fenyő volt. Főbb tulajdonságai: hőre keményedő, szobahőmérsékleten folyós, jó a ragasztó képessége, víztaszító. A kísérlet során 40%-os, vizes csersavkivonatot készítettek. Ehhez az oldathoz 8% paraformaldehidet keverték a száraz csersavkivonat arányában. A kapott csersav ragasztóhoz további PVAc-t (polivinil-acetát) adagoltak 5, 10, 20, 30% arányban. A természetes csersav felületi tapadóképesége nem elegendő a megfelelő kötéshez. Viszont a PVAc adalékkal ez a tulajdonsága jelentősen növekedett. Húszt százalékos PVAc tartalom után ez a növekedés megállt. A PVAc hozzáadásával a formaldehid-kipárolgás nem emelkedett.

Természetes adalékanyagok használata

Egy másik sikeres megoldás a formaldehid kipárolgásának csökkentésére, amikor vulkáni tufát (pozzolán) adtak MDF laphoz (Sumin 2009a), és figyelték a fizikai-mechanikai tulajdonságok változását. A pozzolán egy vulkanikus eredetű, termé-

zetes anyag. Ez a legősbibb adalék, amit agyaghoz adagoltak építőanyag előállításának a céljára. A görög Santorini-szigeten található egy nagy kiterjedésű pozzolán lelőhely. A mai napig használják építőanyagok, pl. beton előállításánál (Turanli et al. 2004). Nagyfokú szilárdságot és tartósságot kölcsönöz a betonnak (Davraz and Gunduz 2005). A pozzolán gazdag szilícium-oxidban (SiO_2) és alumínium-oxidban (Al_2O_3), porózus szerkezetű, nagy mennyiségben tartalmaz abszorbeált vizet (Ramirez et al. 2006). Ezzel a tulajdonságával képes elnyelni az MDF-ben lévő VOC anyagokat. A pozzolánt a KF gyantához adagolták az MDF gyártása során. Növekvő pozzolán tartalommal az MDF fizikai és mechanikai tulajdonságai nem változtak jelentősen, viszont a formaldehid és TVOC koncentrációja csökkent (7. táblázat).

Egy másik, megújuló anyagnak számító anyag a kesudió ipari feldolgozásából származó melléktermék, a kesudió héjának folyadéka (Cashew nut shell liquid-CNSL) (Sumin 2010). Közel 1 millió tonna termelődik belőle évente. Ez egy vöröses, viszkózus folyadék, ami a kesudió héjában található, annak egyharmadát teszi ki. Több kutatás vizsgálta kémiai tulajdonságait (Bhunia et al. 1999). Négy fő komponensből áll: 3-pentadecén fenol (kardanol), 5-pentadecén rezorcinol (kardol), 6-pentadecén szalicil sav (indusdió sav), 2-metil 5-pentadecenyl rezorcinol (2-metil kardol). A szintetikus gyanták helyettesítéséül szolgálhat, a formaldehid-emissziója feltételezhetően alacsonyabb a KF gyanta formaldehid-emissziójánál. A CNSL-formaldehid (CF) és PVAc keveréke – hasonlóan az előzőekben leírtakhoz – jóval magasabb kötési szilárdságot eredményez, és alacsonyabb formaldehid-kipárolgást. A CF/PVAc gyantát környezetbarát ragasztóként sikeresen használják ragasztott, fa alapú építőanyagok gyártásánál.

7. táblázat TVOC és formaldehid koncentrációja MDF lapban növekvő pozzolán arány mellett (forrás: Sumin 2009)

Table 7 Formaldehyde concentration of MDF board depending on pozzolan ratio (source: Sumin 2009)

Pozzolán [%]	Formaldehid [mg/m ² h]	TVOC [mg/m ² h]
0	1,27	3,7
1	0,94	2,42
3	0,5	1,97
5	0,27	1,6
10	0,18	1,47

Más természetes anyagokkal is sikeresen csökkentették a formaldehid-kipárolgást, többek között az üvegepor, szervesetlen sók, és amino-hidrokloridok (vízben oldódó sók) felhasználásával adalékszerként (Kim et al. 2006). A porózus adszorberek is hatékonyan csökkentik a VOC emissziót. Például az újrahasznosított bambusz faszén – melyet Koreában a gin készítéséhez használnak – alacsony bekerülési költsége miatt is jó megoldásnak számít (Park et al. 2004).

Összegzés

A fa alapú építőanyagok vizsgálatával egyre több tanulmány foglalkozik, részben a faanyag saját VOC kibocsátása, részben pedig az adalékként megjelenő vegyi anyagok emissziója miatt. Az egészséges otthonok egyik fontos kritériuma a tiszta levegő, amelyet az illékony szerves vegyületek jelentős mértékben befolyásolnak. A fenti esettanulmányokból látható, milyen széleskörű kutatói aktivitás nyilvánul meg e témában. Ezek egy része a fellépő emisszió mértékét vizsgálja, egy másik része az emisszió mérséklésének módszereit kutatja. A kompozit falemezek károsanyag-kipárolgásainak adatai szoros összefüggést mutatnak a felhasznált anyagok kvalitatív és kvantitatív értékeivel. A rétegelt lemez gyártása során felhasznált fenol formaldehid gyanta részaránya jelentősen alacsonyabb, mint az MDF lapban, ennek megfelelően az emissziós értékek is alacsonyabbak. A tanulmányok alapján egy másik fontos megállapítás, hogy az emisszió a beépítés után folyamatosan csökkent, 10 éves viszonylatban a forgácslap TVOC koncentrációja negyedére redukálódott.

A kompozit fatermékek újrahasznosítása során a VOC kibocsátást eredményező anyagok is beépülnek az új termékbe, így a kibocsátás folytatódhat, sőt össze is adódhat az új termék ragasztásához használt ragasztóanyagok károsanyag-emissziójával. A hőmérséklet és a páratartalom jelentős befolyást gyakorol a kibocsátási értékekre. Magas hőmérséklethez magasabb emissziós értékek tartoznak. A „bake out” technikával jelentősen mérsékelhető az épületekben fellépő károsanyag-emisszió.

Az egyre elterjedtebb „passzív ház” technológiák alkalmazása esetében figyelembe kell venni, hogy az épület természetes szellőzése a magas szigeteltség miatt rendkívül alacsony, így a beltérben a VOC anyagok koncentrációja növekedhet. Ezekben az épületekben a mesterséges szellőztetés hatékonyságára nagy figyelmet kell fordítani.

Magának a faanyagnak is van természetes VOC kibocsátása. A fafaj nagy mértékben meghatározza a kibocsátott anyagok típusát és mennyiségét. Elkülönülnek ezen a téren a gyantatartalmú fenyők és a különféle savtartalmú keménylombosok. A természetes faanyag hőkezelése során aldehidek, karbonsavak és ketonok (furfurol, ecetsav és 2-propanon) teszik ki a TVOC értékének 60%-át. A monoterpének szobahőmérsékleten alacsonyabb koncentrációban emittálódnak a hőkezelt fából. A szárított fenyőből származó terpének – limonén, alfa-pinén, 3-karén – magas koncentrációban a légzőszervek irritációját okozhatják, alacsony koncentrációban viszont az asztma tüneteinek csökkentésére használják.

A másik fő kutatási irány az emissziós értékek csökkentése természetes adalékanyagok segítségével. A formaldehid kiváltása egy igen fontos kérdés és sok kutatásnak adott és ad a jövőben is lehetőséget a vizsgálatokra. A természetes gyan-ták használata várhatóan jelentős fejlődés előtt áll, különösen a gazdaságosságukat tekintve.

A káros anyagok emissziós határértékei feltehetően szigorodni fognak az Európai Unió országaiban, ezért a kutatók a jövőben egyre nagyobb kihívásokkal szembesülnek az egészséges környezet biztosítása, a fenntartható fejlődés, és a gazdaságos termelés hármasságának egyensúlyban tartásához.

Köszönetnyilvánítás

Ez a tanulmány a Környezettudatos energia hatékony épület című TÁMOP-4.2.2.A-11/1/KONV-2012-0068 számú projekt keretében, az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával valósult meg.

Irodalomjegyzék

- Ahajji A, Diouf PN, Aloui F, Elbakali I, Perrin D, Merlin A, George B (2009) Influence of heat treatment on antioxidant properties and colour stability of beech and spruce wood and their extractives, *Wood Science and Technology* 43 69–83.
- ASTM-D6007-96, Standard Test Method for Determining Formaldehyde Concentrations in Air from Wood Products Using a Small Scale Chamber (1996)
- Bhunja HP, Nando GB, Basak A, Lenka S, Nayak PL (1999) Synthesis and characterization of polymers from cashew nut shell liquid (CNSL), a



- renewable resource, III. Synthesis of a polyether, *Eur. Polym. J.* 35, 1713–1722
- Breuer H (1995) *SH Atlasz-Kémia* Springer Verlag, ISBN 963 8455 68 3, pp. 264–369
- BS EN 717-1 (2004) wood-based panels. Determination of formaldehyde release, Formaldehyde emission by the chamber method.
- Davraz M, Gunduz L (2005) Engineering properties of amorphous silica as a new natural pozzolan for use in concrete, *Cem Concr Res* 35 (7): 1251–1261
- ECA-IAQ Report No.2 (1989) Guideline for the determination of steady state concentrations in test chambers, Luxembourg
- ECA-IAQ Report No.8 (1991) Guideline for the characterization of Volatile Organic Compounds Emitted from Indoor Materials and Products Using Small Test Chambers, Brussels
- ECA-IAQ Report No.13 (1993) Determination of VOCs emitted from indoor materials and products—inter laboratory comparison of small chamber measurements, Brussels
- EPA (Environmental Protection Agency) (1996) Sources and factors affecting indoor emissions from engineered wood products: summary and evaluation of current literature. EPA-600/R-96-067. North Carolina: Research Triangle Park
- Guo H, Murray F, Lee SC (2002) Emissions of total volatile organic compounds from pressed wood products in an environmental chamber, *Building and Environment* 37 (2002) 1117–1126
- Heigenmosera A, Liebnerb F, Windeisen E, Richtera K (2013) Investigation of thermally treated beech (*Fagus sylvatica*) and spruce (*Picea abies*) by means of multifunctional analytical pyrolysis-GC/MS. *Journal of Analytical and Applied Pyrolysis* 100 (2013) 117–126
- Hyttinen M, Masalin-Weijo M, Kalliokoski P, Pasanen P (2010) Comparison of VOC emissions between air-dried and heat-treated Norway spruce (*Picea abies*), Scots pine (*Pinus sylvestris*) and European aspen (*Populus tremula*) wood. *Atmospheric Environment* 44 (2010) 5028–5033
- Kim S, Kim HJ, Kim HS, Lee HH (2006) Effect of bio-scarvengers on the curing behavior and bonding properties of melamine-formaldehyde resins, *Macromolecular Materials and Engineering* 291, 1027–1034
- Kotilainen R (2000) Chemical changes in wood during heating at 150–260°C. University of Jyväskylä, Department of Chemistry, Doctoral thesis, Research Report No. 80, 57pp.
- Kumar A, Sood A (1990) Modeling of polymerization of urea and formaldehyde using functional-group approach. *Journal of Applied Polymer Science*; 40: 1473–1486
- Lavery MR, Milota MR (2000) VOC emissions from Douglas fir: comparing a commercial and a laboratory kiln, *Forest Products Journal* 50, 39–47
- Manninen A, Pasanen P, Holopainen JK (2002) Comparing the VOC emissions between air-dried and heat-treated Scots pine wood. *Atmospheric Environment* 36 (2002) 1763–1768
- McGraw-Hill (1999) *Genium's handbook of safety, health, and environmental data for common hazardous substances*, New York, NY
- McGraw GW, Hemingway RW, Ingram Jr LL, Canady CS, McGraw WB (1999) Thermal degradation of terpenes: camphene, D3-carene, limonene, and α -terpinene. *Environmental Science and Technology* 33, 4029–4033
- Milota MR (2000) Emissions from wood drying, The science and the issues, *Forest Products Journal* 50, 10–20
- Minemura N (1976) To lessen formaldehyde liberation from the urea resin glued plywood, *Wood Industry* 31 (12):8–12
- Molnár S (2005) szerk.: Erdő- és fahasznosítás Magyarországon, NyME Erdészeti Tudományos Intézet, 344 o.
- Park SB, Kim SW, Park JY, Kim JI, Mun SP, Jun JM (2004) VOC Adsorption and Physico-Mechanical Properties of Wood Flour-Plastic-Bamboo Charcoal(WPBC) Composites Board, *KFRI Journal of Forest Science* (67), 48–57
- Peters J, Fischer K, Fischer S (2008) Characterization of emissions from thermally modified wood and their reduction by chemical treatment *Bioresources* 3, 491–502
- Ramirez SM, Blanco-Varela MT, Erena I, Gener M (2006) Pozzolanic reactivity of zeolitic rocks from two different Cuban deposits: characterization of reaction products, *Appl Clay Sci* 32 (1–2):40–52
- Reponen T, Raunemaa T, Savolainen T, Kalliokoski P (1991) The effect of material ageing and season on formaldehyde levels in different ventilation systems, *Environavant International*, Vol. 17, pp. 349–355

- Risholm-Sundman M, Lundgren M, Vestin E, Herder P (1998) Emission of acetic acid and other volatile organic compounds from different species of solid wood, *Holz RohWerkst.* 56 (1998) 125–129
- Roffael E (2006) Volatile organic compounds and formaldehyde in nature, wood and wood based panels, *Holz RohWerkst.* 64 144–149
- Salthammer T, Mentese S, Marutzky R (2010) Formaldehyde in the indoor environment, *Chemical Reviews*; 110:2536–2572
- Shi J, Kocaefe D, Zhang J (2007) Mechanical behaviour of Quebec wood species heat-treated using ThermoWood process. *Holz als Roh- und Werkstoff* 65, 255–259
- Song-Yung W, Te-Hsin Y, Li-Ting L, Cheng-Jung L, Ming-Jer T (2007) Properties of low-formaldehyde-emission particleboard made from recycled wood-waste chips sprayed with PMDI/PF resin, *Building and Environment* 42 2472–2479
- Sumin K, Jin-A K, Hyun-Joong K, Shin Do K (2006) Determination of formaldehyde and TVOC emission factor from wood-based composites by small chamber method. *Polymer Testing* 25 605–614
- Sumin K (2009) Environment-friendly adhesives for surface bonding of wood-based flooring using natural tannin to reduce formaldehyde and TVOC emission, *Bioresource Technology* 100 744–748
- Sumin K (2009a) The reduction of indoor air pollutant from wood-based composite by adding pozzolan for building materials, *Construction and Building Materials* 23 2319–2323
- Sumin K (2010) The reduction of formaldehyde and VOCs emission from wood-based flooring by green adhesive using cashew nut shell liquid (CNSL), *Journal of Hazardous Materials* 182 919–922
- Sumin K, Yoon-Ki C, Kyung-Won P, Jeong Tai K (2010) Test methods and reduction of organic pollutant compound emissions from wood-based building and furniture materials, *Bioresource Technology* 101 6562–6568
- Tichenor BA (1987) Organic emission measurements via small chamber testing, *Indoor Air'87*. In: Serfeit B, Edsorn H, Fischer M, Ruden H, Wegner J, editors. *Proceedings of the Fourth International Conference on Indoor Air Quality and Climate*, vol. 1. West Berlin: Institute of Water, Soil and Air Hygiene, 1987. p. 8–15
- Turanli L, Uzal B, Bektas F (2004) Effect of material characteristics on the properties of blended cements containing high volumes of natural pozzolans, *Cem Concr Res* 34 (12):2277–2282
- Uhde E, Borgschulte A, Salthammer T (1998) Corresponding author contact information Characterization of the field and laboratory emission cell—FLEC: Flow field and air velocities. *Atmospheric Environment* Vol. 32, Issue 4, February 1998, Pages 773–781
- Ze-Li Q, Fei-Bin W, Jian-Zhang L, Takeshi F (2013) Assessment on emission of volatile organic compounds and formaldehyde from building materials, *Composites: Part B* 49 36–42
- Zhongkai H, Yinping Z, Wenjuan W (2012) Formaldehyde and VOC emissions at different manufacturing stages of wood-based panels, *Building and Environment* 47, 197–204
- Van de Wal JF, Steenlage R, Hoogeveen AW (1990) Measurement of organic compound emissions from consumer products in a walk-in test chamber, *Indoor Air'90*. In: Walkinshaw D, editor. *Proceedings of the Fifth International Conference on Indoor Air Quality and Climate*, vol. 3. Toronto, Canada, 1990. p. 611–616
- Wang WL, Gardner DJ, Baumann MGD (2003) Factors affecting volatile organic compound emissions during hot-pressing of southern pine particleboard, *Forest Products Journal* 53 (3):65–72
- Wendler SL, Ni J, Frazier CE (1995) Analysis of the isocyanate-wood adhesive bonding using ¹⁵N CP/MAS NMR. In: *Wood Adhesives*, Madison. WI: Forest Prod. Soc.; p. 37–42
- Wolkoff P, Clausen PA, Nielsen PA, Gustafsson H, Jonsson B, Rasmusen E (1991) Field and laboratory emission cell: FLEC, *Healthy Buildings 1991*, ASHRAE, Atlanta, pp. 160–165
- World Health Organisation WHO (2010) WHO Regional Office for Europe: Guidelines for Indoor Air Quality - Selected Pollutants. ISBN 978 92 890 0213 4
- World Health Organisation (1989) *Indoor Air Quality: Organic Pollutants*, EURO Reports and Studies No III, World Health Organisation, Copenhagen, Denmark

Infravörös sugárzásnak kitett lucfenyő száradásának vizsgálata statisztikai módszerekkel

CSERTA Erzsébet¹, AGÓCS Gergely², HEGEDŰS Gergely³, NÉMETH Róbert¹

¹ Nyugat-magyarországi Egyetem, Simonyi Károly Kar, Faanyagtudományi Intézet

² Semmelweis Egyetem, Biofizikai és Sugárbiológiai Intézet

³ Kentech Kft., Budapest

Kivonat

Ebben a munkában infravörös (IR) sugárzásnak kitett lucfenyő (*Picea abies* (L.) Karst) száradási sebességének változását vizsgáltuk különböző befolyásoló tényezők hatása szerint. A befolyásoló tényezők közül az IR sugárzás intenzitását – mint technológiai paraméter –, illetve a minta kezdeti nedvességtartalmát – mint anyagjellemző – változtattuk. A mérések kiértékeléséhez gyakorisági eloszlásokat használtunk. Eredményeinkből arra következtettünk, hogy azzal az általános nézettel szemben, miszerint az IR besugárzás csak felületi melegítésre alkalmas, IR besugárzással a faanyag belseje is jól melegíthető.

Kulcsszavak: infravörös melegítés, szárítás, lucfenyő, nedvességtartalom

Statistical analysis of drying intensity by spruce wood exposed to infrared radiation

Abstract

In this work, the change of the drying rate of Norway Spruce (*Picea abies* (L.) Karst) wood exposed to infrared (IR) radiation was analysed at different levels of two influencing factors. One of them was the intensity of the emitted IR radiation (technological condition). The other was the initial moisture content of the samples (biological parameter). Drying rate data sets belonging to each of the measurement conditions were represented by histograms. In contrast to the general opinion that the IR radiation is only capable of heating the wood superficially, the results showed that the internal part of a board can also be heated by it.

Key words: infrared heating, drying, spruce wood, moisture content

Bevezetés

A faanyag száradása nagyban függ a faanyag tulajdonságaitól és a szárítási körülményektől. Ezért a különböző, száradást befolyásoló tényezőket a faanyag száradási mechanizmusának ismeretében változtatják, így lehetővé válik a nedves mintadarab száradásának irányítása. Bár a faiparban konvencionálisan alkalmazott szárítási technológiák során leginkább konvektív hőközlési módot használnak, az utóbbi években a sugárzásos hőátadást alkalmazó eljárások is egyre inkább az érdeklődés középpontjába kerültek. Különösen az infravörös (IR) spektrális tartományba eső sugárzás bizonyult alkalmasnak olyan porózus, szerves anyagok hőkeze-

lésére, mint amilyen a fa is. Legtöbbször azonban továbbra is csak kiegészítő eljárásként alkalmazzák konvektív szárítási technológiákban a felület hatékonyabb felmelegítése érdekében (Takáts 2000; Chua et al. 2004; Di Blasi, 1998).

Jelen munkánk során IR sugárzásnak kitett faanyag száradását vizsgáltuk különböző beállítások mellett. Technológiai paraméter, illetve anyagtulajdonság szerint két befolyásoló tényező hatását értékeltük: a száradási sebesség változását vizsgáltuk az IR sugárzás intenzitásának és a minta kezdeti nedvességtartalmának változtatása során. A mérések elvégzésére egy saját fejlesztésű IR hőkezelő berendezésben került sor. Az ered-

ményeink azt a korábbi feltételezésünket támasztották alá, hogy IR besugárzással a faanyag belseje is jól melegíthető, ellentétben az általános nézetel, miszerint az IR besugárzás csak felületi melegítésre alkalmas.

Anyagok és módszerek

Kísérleti berendezés és mintaelőkészítés

A faminták szárítását egy olyan kemencében végeztük, amelyben a száradáshoz szükséges hőenergiát infravörös (IR) hősugárzók segítségével biztosítottuk. A műszer részletes leírása megtalálható egy korábbi publikációnkban (Cserta et al. 2011). A mérések során 50×200×500 mm geometriájú frissen vágott és előszárított lucfenyő (*Picea abies* (L.) Karst) mintadarabokat sugároztunk be IR hullámhosszú sugárzással.

A minta kezdeti nedvességtartalmának – mint anyagi jellemző –, illetve az IR sugárzás intenzitásának – mint technológiai paraméter – változtatásával vizsgáltuk a száradási sebesség alakulását:

- A minták kezdeti nedvességtartalma szempontjából külön vizsgáltuk a frissen vágott és a már rosttelítettségi határ alá szárított nedvességtartalmú mintákat. A frissen vágott deszkák kezdeti nedvességtartalma 35–60% közé esett, míg az előszárított mintadarabok mindegyikének 25% alatti volt a kezdeti nedvességtartalma. A fűtőcső felületi hőmérséklete ezekben a mérésekben 130–150 °C volt.
- Az IR fűtőcső intenzitása szerint megkülönböztettük egymástól azokat a méréseket, amelyekben az IR sugárzók hőmérséklete 130–165 °C, illetve 100–120 °C volt. Ehhez a csoportosításhoz olyan méréseket vettünk csak figyelembe, ahol a minta frissen vágott deszka volt, 35–60% közötti kezdeti nedvességtartalommal.

A két külön csoportosítás mintadarabjai között található átfedés. A nagy kezdeti nedvességtartalmú mintadarabok mérései megegyeznek a nagy intenzitáson végzett mérések egy részével. Ez utóbbi mérések (nagy intenzitású szárítás) kiegészülnek 10 olyan kísérlettel, amelyek 150 °C feletti hőmérsékletre hevített IR sugárzóval készültek. A magas/alacsony intenzitás és a magas/alacsony kezdeti nedvességtartalom vizsgálatával elvégzett teljes statisztikai analízis 43 mérés eredményét tartalmazza.

A statisztikai kiértékelésben átlagos száradási sebességet vizsgáltunk, így az adatok a száradás teljes tartományára vonatkoznak. Közbevetett mérés nem volt. Mind a nedves, mind a rosttelítettség alati

ti kezdeti nedvességtartalommal rendelkező, előszárított mintadarabokat abszolút száraz állapotig szárítottuk. Bizonytalanságot visz a mérési eredményekbe, hogy az előszárított minták esetében nem minden mérésnél tudtuk pontosan meghatározni a száradási folyamat végét. Ez a pontatlanság abból eredt, hogy a nedvességmérés a tömegcsökkenés alapján a mintadarabok kivételével szakaszosan történt. Lehetséges tehát, hogy az utolsó száradási szakasz mérésénél hamarabb befejeződött a mintadarab teljes száradása, mint hogy a hevítés befejeződött volna. Így hosszabb időegységre vonatkoztatva ugyanazt a mennyiségű eltávozó vizet, tehát lassabb száradási sebességet kaphattunk.

Statisztikai elemzés

Az eredmények szemléltetéséhez gyakorisági eloszlást használtunk, amihez az egyes pallók száradási sebesség értékeit csoportokba rendeztük. A száradási sebesség kiszámításához a következő képletet alkalmaztuk:

$$v_{sz} = \frac{m_u - m_o}{m_o \cdot 100} \cdot \frac{100}{t} \quad (\%/min) \quad [1]$$

ahol:

v_{sz} – átlagos száradási sebesség (%/min)

t – IR expozíciós idő (min)

$m_u - m_o$ – eltávozott víz tömege (g)

m_u – nedves faminta tömege (g)

m_o – abszolút száraz faminta tömege (g)

A mért adatokat az egyes beállításoknak megfelelően hisztogramokkal ábrázoltuk. Az egyes hisztogramokhoz legalább 14 mérés eredményét használtuk fel. A mérési paramétereket az 1. táblázatban foglaltuk össze. Az osztályhatárokat és az osztályszélességet úgy választottuk meg, hogy az összes adatra nézve egységes és optimális legyen. A kis adatszám miatt felerősödhet az osztályhatároktól függő torzítás; ez magyarázhatja az adatok egyenetlen eloszlását.

Eredmények

Az átlagos száradási sebesség gyakorisági eloszlásait a vizsgált befolyásoló paraméterek különböző beállításainál az 1. ábrában mutatjuk be. Az adatgyűjtés során alkalmazott paramétereket, valamint a gyakorisági eloszlások átlag és szórás értékeit az 1. táblázatban foglaltuk össze. Az osztály szélesség 0,015%/min volt.

A véletlen eltérés valószínűségének megadásához kétmintás t-próbát alkalmaztunk mindkét ösz-

1. táblázat A mérési beállítások és az eredményekből felrajzolt hisztogramok paraméterei**Table 1** Experimental setup and parameters of the histograms

Beállítás	IR sugárzó hőmérséklete (°C)	Minta kezdeti nedvességtartalma (%)	Minta szám (db)	Száradási sebesség várható értéke (%/min)	Száradási sebesség szórása (%/min)
Frissen vágott	130-150	35-60	15	0,05	0,015
Előszárított	130-150	25>	14	0,04	0,013
Nagy besugárzási intenzitás	130-165	25-60	25	0,035	0,06
Kis besugárzási intenzitás	100-120	25-60	14	0,05	0,015

szehasonlító elemzésnél. A mérési eredményeket normális eloszlással közelítettük, ami alapján azonos varianciákat feltételeztünk. Az így kapott szignifikancia szinttel megadjuk annak a valószínűségét, hogy a mért eredmények mennyire térnek el egymástól a véletlen hiba miatt.

A kezdeti nedvességtartalom változtatása

Az 1. ábrán bemutatott hisztogramokban a száradási sebesség két eloszlása frissen vágott és előszárított mintadarabok eredményeire vonatkozik.

A frissen vágott és az előszárított deszkák száradási sebességének várható értéke azonos intervallumba esik (a frissen vágott minták átlagos száradási sebessége = 0,04%/min, az előszárított minták átlagos száradási sebessége = 0,05%/min). Ez az eltérés nem jelentős és nagyban függ az osztályhatár és osztályszélesség megválasztásától. A kétmintás t-próba alapján 5,58%-os szignifikancia szintet kaptunk. Jelentős különbség az adatok szórásában sem figyelhető meg. Az előszárított minták száradási sebesség értékének szórása (0,013%/min) közel azonos a frissen vágottakéval (0,015%/min).

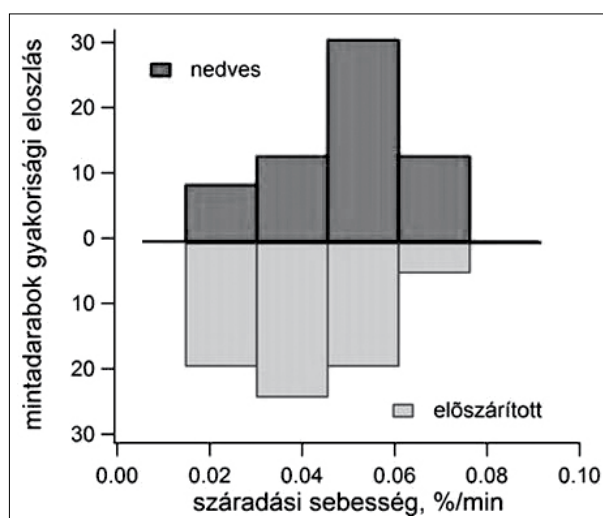
**1. ábra** Az átlagos száradási sebesség függése a kezdeti nedvességtartalomtól

Figure 1 The effect of initial moisture content (green and pre-dried) on the average drying intensity

Az IR besugárzás intenzitásának változtatása

A 2. ábrán bemutatott hisztogramokban a száradási sebesség két eloszlása a nagy és kis IR intenzitású sugárzásnak kitett mintadarabok eredményeire vonatkozik.

Nagyobb intenzitás alkalmazásánál nagyobb a száradási sebesség átlagos értéke (0,06%/min), mint az alacsony intenzitású hevítésekénél (0,035%/min). A kétmintás t-próba alapján 6,81%-os szignifikancia szintet kaptunk, ami kevésbé szignifikáns, mint a kezdeti nedvességtartalom szerint végzett méréseink eredményei.

Értékelés

A frissen vágott és előszárított darabok száradási sebességei alapján arra következtethetünk, hogy a nedvességtartalom csökkenésével nem csökken a száradás sebessége, ami ellentmond annak az általános tapasztalatnak, hogy a nedvességtartalom rosttelítettségi határ alá csökkenésével drasztikusan lecsökken a száradási sebesség. A szárítási sebesség lecsökkenése a konvencionális hőkezelési technológiáknál magyarázható azzal, hogy a hő-

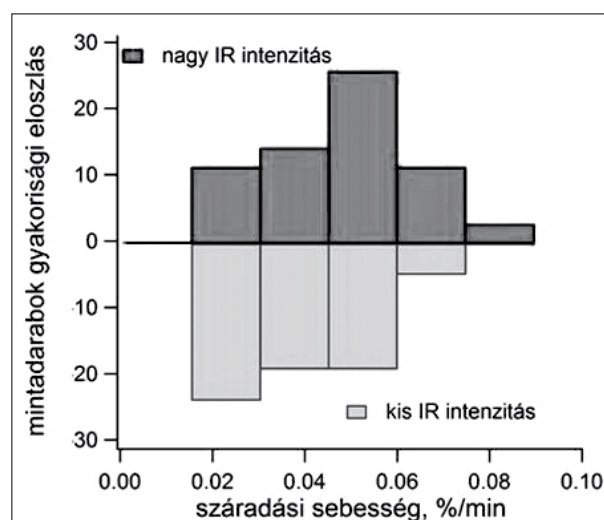
**2. ábra** Az átlagos száradási sebesség függése a besugárzás intenzitásától

Figure 2 The effect of IR intensity (high and low) on the average drying intensity

átadás konvektív és konduktív jellege miatt a hő nehezebben terjed a száradt faanyagban, mint a nedvesben. Ennek oka, hogy a száraz térfogatot kitöltő levegőnek, illetve vízgőznek kisebb a hővezető képessége, mint a víznek.

Ezzel szemben a saját mérésekben elért azonos száradási sebesség nedves és előszárított fák esetében homogén száradásra utal. A száradás sebességében elért egyenletességet a hőátadás sugárzásos jellegével magyarázzuk. A hősugárzók spektrumát ugyanis úgy határoztuk meg, hogy a víz nagy abszorpciós képességgel rendelkezzen ebben a sugárzási intervallumban, miközben a faanyagot felépítő szilárd anyagok, többnyire lignocellulózok abszorbianciája elhanyagolhatóan kicsi legyen ugyanezen intervallumban. Következésképpen, a sugárzással átadott hő gyakorlatilag a fában lévő vízben, illetve vízgőzben nyelődik el, ugyanakkor a szilárd lignocellulóz szerkezet nem jelent szigetelést az adott hullámhosszú sugárzás hőátadására nézve. Ezért tapasztalhattuk, hogy a minta felületi rétegeinek kiszáradásával párhuzamosan nem csökken le drasztikusan a száradás sebessége.

A vártan megfelelően, nagy IR intenzitás alkalmazásánál 25%-kal gyorsabban száradt a fa, mint kisebb besugárzási intenzitásnál. Ennek az először evidenciának tűnő megállapításnak nagy jelentősége van, ha az eredményekből a sugárzásos hőátadás hatékonyságára szeretnénk következtetni. Az alacsony intenzitású hevítésekben mért lassabb száradást az is befolyásolja, hogy az alacsony hőmérsékletű fűtőcső hőmérsékleti sugárzása már nem elegendően intenzív ahhoz, hogy az effektív száradáshoz szükséges hő sugárzás révén jusson el a faanyag belsejében található nedvességtartalomhoz. Így a hőátadás lényegileg a konvektív és a konduktív módokra korlátozódik, aminek hátrányaira már a kezdeti nedvességtartalom jelentőségének tárgyalásánál kitértünk.

Összegzés

Saját fejlesztésű hőkezelő berendezésben vizsgáltuk IR sugárzásnak kitett fadarabok száradási sebességének változását különböző befolyásoló tényezők változtatásának hatására. Méréseink értékelésénél különbséget tettünk azon eredmények között, amelyeket frissen vágott, és amiket előszárított mintadarabokon végeztünk el, valamint a nagy és a kis IR intenzitású sugárzásnak kitett mintadarabok száradási sebességeit is összehasonlítottuk. A mért eredmények értékeléséhez hisz-

togramokat és kétmintás t-próbát használtunk. Az eltérések egzakt, számszerű, illetve grafikus demonstrációja érdekében végeztük el az adatok statisztikai kiértékelését, mely lehetővé tette, hogy megállapítsuk: az alkalmazott módszerek révén elért eredmények közötti különbség szignifikáns. Azt tapasztaltuk, hogy a száradási sebesség nedves és előszárított fák esetében egyformán homogén száradásra utal; drasztikus lassulást a kezdeti nedvességtartalom rosttelítettségi határ alá csökkentésekor nem tapasztaltunk. Továbbá a vártan megfelelően, nagyobb intenzitású IR besugárzás hatására gyorsabban szárad a fa. Ezekből arra következtettünk, hogy az általános nézettel szemben – miszerint az IR besugárzás csak felületi melegítésre alkalmas –, az IR besugárzással a faanyag belseje is jól melegíthető. Ennek oka, hogy az alkalmazott sugárzás hullámhosszát a lignocellulózok nem, vagy kevéssé nyelik el, szemben a vízzel, ami lokális abszorpciós maximummal rendelkezik ebben a spektrális tartományban. Így elegendően nagy IR intenzitás alkalmazásakor biztosítható a folyamatos hevítés, függetlenül a kiszáradás révén hőszigetelővé vált lignocellulóz rétegtől.

Köszönetnyilvánítás

Ez a tanulmány a Környezettudatos energia hatékony épület című TÁMOP-4.2.2.A-11/1/KONV-2012-0068 számú projekt keretében, az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával valósult meg.

Irodalomjegyzék

- Chua K, Chou S, Mujumdar A, Ho J, Hon C (2004) Radiant convective drying of osmotic treated agro products effect on drying kinetics and product quality, *Food Control*, 15:145-158.
- Cserta E, Hegedűs G., Németh R. (2011) Drying process in norway spruce wood exposed to infrared radiation, *BioResources*, 6(4):4181-4189.
- Di Blasi C (1998) Multi-phase moisture transfer in the high-temperature drying of wood particles, *Chem Eng Sci*, 53 (2):353-366.
- Takáts P (2000) A faanyag hidrotermikus kezelése: 8. fejezet. In: Molnár S. (szerk.) *Faipari Kézikönyv I.* Sopron: Faipari Tudományos Alapítvány, 2000. pp. 204-260. (ISBN:963-00-4229-0)

Az energiatanúsításon túl: a környezetterhelés értékelése, különös tekintettel a fa alapú építés esetén

BEJÓ László¹, SZABÓ Péter², U. NAGY Gábor³, KUZSNER Ágnes¹

¹ Nyugat-magyarországi Egyetem, Simonyi Károly Kar, Faipari Termékek és Technológiák Intézet

² Nyugat-magyarországi Egyetem, Simonyi Károly Kar, Építéstan Intézet

³ Nyugat-magyarországi Egyetem, Simonyi Károly Kar, Alkalmazott Művészeti Intézet

Kivonat

Az Európai Unió 2020-as direktívájának teljesítése érdekében az EU országok tanúsítási és ösztönzési rendszereket vezettek be. Ezek nagy része a használati energiahatékonyságon alapul, azonban számos egyéb fontos szempontot is vizsgálni kellene az épületek környezetterhelésének értékeléséhez. A tanulmány áttekinti a különböző tanúsítási rendszereket, és felveti egy, a jelenleginél komplexebb tanúsítási rendszer bevezetésének a szükségességét. Külön értékelésre kerülnek a faszervezetű épületek előnyei és hátrányai egy ilyen komplex tanúsítási rendszer kontextusában.

Kulcsszavak: energiatanúsítás, passzívház, szénmegkötés, beépülő energia, faépítés, faépítéset

Beyond energy performance certification: evaluating environmental impact, with special regard to wood based construction

Abstract

To comply with the 2020 Directive of the European Union, European countries introduced certain certification schemes and compliance incentives. Most of these are based on energy efficiency in use. For a balanced evaluation of environmental impact, however, several other factors should also be considered. This article reviews some of the certification schemes and their suitability for complex evaluation. Based on this review, a more complex certification system appears to be appropriate for the Hungarian construction industry. The advantages and drawbacks of wood based construction are also evaluated in the context of a more complex certification system.

Key words: energy certification, passive house, carbon sequestration, embodied energy, wood based construction

Bevezetés

Mindenki előtt ismert, hogy az Európai Unió az ún. 2020-as direktívában (EP&C 2009) célul tűzte ki, hogy a 2020. évre a felhasznált energia 20%-a megújuló forrásokból származzon. E – sok tekintetben ellentmondásos – célkitűzés eléréséhez nem elegendő csupán a fosszilis energiák helyettesítése, a felhasznált energiamennyiség drasztikus csökkentésére is szükség van. Mivel az Európai Unióban az energiaszükséglet mintegy 40%-áért jelenleg az épületek felelősek, ezért az Európai Parlament képviselői 2010. május 18-án megszavazták az épületek energiahatékonyságáról szóló új uniós jogszabályt

(EP&C 2010). A jogszabály értelmében a tagállamoknak biztosítaniuk kell, hogy a 2020-tól épülő házak energiaszükséglete minimális legyen, a meglévő épületeket pedig lehetőség szerint fel kell újítani (Dávid és Pakainé, 2012).

Kontinensünk energiaszükségletének jelentős hányadát a lakóépületek adják, és ezek energiaszükséglete jelentős mértékben csökkenthető energiahatékony fűtési rendszerek alkalmazásával, és főleg az épületek hőszigetelésének a javításával. Nem csoda tehát, ha az épületek energetikai és ökológiai minősítésénél elsődleges – és sokszor kizárólagos – szempont a fűtési energiaszükséglet

minimalizálása, illetve az épület hőszigetelésének a hatékonysága.

A használati energiahatékonyság optimalizálása természetesen súlyosan indokolt, hiszen az épülettel kapcsolatosan felhasznált energia jelentős része ezzel függ össze. Ugyanakkor nem szabad elfeledkezni arról sem, hogy jelentős energiát használunk fel az építéshez szükséges alapanyagok előállításához, szállításához és megmunkálásához is, ahogyan energiára van szükség az épület bontásához, az építőanyagok ártalmatlanításához vagy újrahasznosításához is. Ez az ún. beépülő energia („embodied energy”) általában kisebb jelentőségű, de messze nem elhanyagolható az épület üzemeltetéséhez felhasznált energiához képest. Különösen fontossá válhat a beépülő energia – és az energiafelhasználással kapcsolatos környezetterhelés – a magas használati energiahatékonyságú épületekben. Ilyen esetben a beépülő energia – és az ezzel kapcsolatos CO₂ kibocsátás – könnyen megközelítheti, sőt akár meg is haladhatja az épület élettartama alatt felhasznált energia mennyiségét.

A használati, illetve beépülő energia mellett az épületek környezetterhelésének értékelésekor számos egyéb szempontot is figyelembe kell venni, mint pl. az alkalmazott anyagok élettani hatása, kibocsátási értékei, a hulladékgazdálkodás, esővíz-elvezetés, a ház fenntartása, valamint minden egyéb olyan ökológiai szempontot, amelyek egymással komplex kölcsönhatásban meghatározzák az épület környezeti hatásait. E publikáció célja, hogy röviden bemutassa a térségünkben elterjedt energiatanúsítási rendszereket, felhívja a figyelmet a komplex ökológiai teljesítmény értékelésének a fontosságára, és ráirányítsa a figyelmet, hogy milyen szerepet játszhatnak a fa, illetve a fa alapú építőanyagok a fenn tartható építészetben.

Az energiatanúsítási rendszerek áttekintése

A hazai energiatanúsítási rendszer is elsősorban a használati energiahatékonyság javítását célozza. Az épületekre vonatkozó energetikai minőség tanúsítvány követelményrendszerét a 7/2006. (V. 24.) TNM rendelet szabályozza, ami alapján a megfelelőséget három mutató kiszámításával kell alátámasztani:

- az egyes határoló szerkezetek hőátbocsátási tényezőinek megfelelősége
- az épület fajlagos hővesztésének megfelelősége
- összesített energetikai jellemző megfelelősége.

Az energetikai tanúsítvány közérthető módon, egyetlen betűjellel jellemzi az épület energetikai hatékonyságát. Egy adott épületet aszerint minősít, hogy az adott épület funkcióra előírt, megengedhető energiamennyiséghez képest (100%) mennyit fogyaszt, százalékos arányban meghatározva (Dávid és Pakainé 2012). A tanúsítási feltételek jól ösztönzik a minél energiahatékonyabb építkezést, illetve a meglévő épületek hatékonyságának a javítását, anélkül, hogy teljesíthetetlenül szigorú feltételeket támasztanak. Ugyanakkor a tanúsítási rendszer gyakorlatilag semmilyen olyan feltételt nem fogalmaz meg, ami a környezetbarát építési technológia, illetve építőanyagok használatát ösztönözné, és nem veszi figyelembe a komfortos és egészséges lakókörnyezet kívánalmait sem.

Közép- és Nyugat-Európában az energiahatékony építkezés messze legelfogadottabb standardja a passzív ház minősítés, amelyet a németországi Passivhaus Institut (PHI) állít ki. A passzív ház minősítés megszerzésének több kritériuma is van. Ezek nagy része elsősorban a ház üzemeltetéséhez szükséges energia minimalizálását szolgálja. Szigorú kritériumok vonatkoznak a fűtés energiaszükségletére, az összes felhasznált energiára, az üvegfelületek arányára, hőátbocsátási tulajdonságaira, orientációjára, és a szabályozatlan légcseré maximum mértékére (PHI 2012).

A közép-európai térség államaiban egyértelműen elfogadottá vált a passzív ház minősítés, amelyet Németország egyes részein meg is követelnek, de a passzív házak építését erősen ösztönzik például Ausztriában is. Belgiumban a szövetségi kormány adókedvezményt ad mindenkinek, aki minősített passzív házban él. Látható tehát, hogy a passzív ház minősítés egyértelműen kiemelkedik minden más minősítési rendszer közül, és kezd egyeduralmúvá válni az európai piacon (Vértessy 2009a, b, c).

Pozitívum, hogy a tanúsított, energiahatékony házak szükségessége kezd beépülni az egyébként nagy tehetetlenséggel rendelkező köztudatba. Köszönhető ez részben a különböző ösztönző intézkedéseknek, illetve természetesen nem kis mértékben a fűtési költségekben jelentkező megtakarításnak is. Ugyanakkor sajnálatos, hogy sem a hazai tanúsítási rendszer, sem a régióban egyre inkább teret nyerő passzív ház rendszer nem fordít figyelmet az egyéb, ökológiai szempontból szintén fontos tényezőknél. Különösképpen azért probléma ez, mert a fenn tartható építészet egyéb elemeihez nem kapcsoló-

dik az energiahatékonysághoz hasonló, „beépített” ösztönző erő, azaz nem jelentkezik közvetlen megtakarítások a megújuló, kisebb beépülő energiatartalmú építőanyagok, környezetbarát építési technológiák használatakor. További problémát jelent, hogy a passzívház minősítés teljesen „bináris” alapon működik, azaz az egyébként akár igen jó energiahatékonyságú épületek semmilyen elismerésben nem részesülnek, ha nem érik el a passzívház szintet, valamint az, hogy az energetikai tanúsítás szempontjából a Passivhaus Institute egyre inkább monopolhelyzetbe kerül, ami piaci szempontból egészségtelen viszonyokat teremt (Vértesy 2009e). A kizárólag a passzívház-szemléleten alapuló építés veszélyeire hívja fel a figyelmet egy közelmúltban megjelent tanulmány is (Hens 2012). Ez egy belga épület példája alapján hívja fel a figyelmet arra, hogy súlyos egészségügyi problémák kialakulásához vezethet, ha az épületet elsősorban a használati energia szempontjából optimális megoldásokkal építik fel, és egyéb szempontokat – adott esetben a beltéri levegő minőségét – elhanyagolják. A vizsgált épület példája extrém, és a tanulmány is rámutat, hogy a problémákhoz hozzájárult a gyenge kivitelezés, az egyéb szempontok elhanyagolása, de az eset mindenképpen rámutat a passzívház-szemlélet egyoldalúságára, és az ebből származó veszélyekre. A beltéri levegőminőség fontosságára mutat rá egy megjelenés alatt álló hazai tanulmány is (Patkó és Pásztory 2013), de számos egyéb szempont is van, amelyet az energiatanúsítási rendszerek figyelmen kívül hagynak.

Komplex ökológiai minősítő rendszerek

Vannak olyan példák is a világszerte alkalmazott minősítési rendszerek között, amelyek az energiahatékonyság mellett más tényezőket is figyelembe vesznek az épületek ökológiai szempontú minősítésekor. Ding (2008) tanulmánya részletes áttekintést ad ezekkel a rendszerekkel kapcsolatban. Ilyen, több szempontú minősítési eljárást alkalmaznak többek között Svájcban, Olaszországban és Nagy-Britanniában is.

Az egyik legsikeresebb és legelterjedtebb, komplex minősítési rendszer a brit BREEAM (Building Research Establishment Environmental Assessment Method). A brit kormány, BRE munkatársaival együttműködve e módszer alapján dolgozta ki a CSH (Code for Sustainable Homes) minősítési rendszert, amelyben bizonyos alapkritériumok teljesülése esetén lehet részt venni. Ha ezek fenn-

állnak, az alábbi, 9 szempontból álló kritériumrendszer alapján történik az épületek besorolása (UKDCLG 2010):

1. energiafelhasználás és CO₂ kibocsátás
2. vízgazdálkodás
3. anyaghasználat
4. felületi vízelvezetés
5. hulladékhasznosítás
6. szennyezőanyag kibocsátás
7. egészségmegőrzés és komfort
8. menedzsment
9. ökológia.

A minősítési rendszerben pontosan kidolgozták az egyes területek értékelését, valamint az egyes szempontok súlyozásának alapelveit is. A legfontosabb szempont természetesen ebben az esetben is az első (36,4%), de megfelelő súllyal szerepel a többi terület is. A passzívház minősítéssel szemben itt egy hétfokozatú skálán (0-6 csillag) értékelik az épületeket (Vértesy 2009d).

Magyarországon a meglevő energiatanúsítási rendszer mellett is viszonylag gyerekcipőben jár a környezettudatos építkezést ösztönző minősítési rendszer kidolgozása. Fontos lenne egy, a hazai viszonyoknak megfelelően kidolgozott, a speciális építészeti, ipari, és alapanyag-ellátási adottságokat figyelembe vevő, komplex minősítési eljárás kidolgozása. Ez lehet pl. a brit rendszerhez hasonló, de a hazai viszonyoknak megfelelően kell meghatározni az egyes tényezőket, azok súlyát, és értékelésének pontos módját.

A faanyag potenciális szerepe és értéke a környezetbarát építkezésben

Dávid és Pakainé (2012) értékelése szerint a készházak számára fontos kitérési lehetőséget jelentenek a szigorodó energetikai előírások. Különösen a fa könnyűszerkezetes épületek esetében lehet viszonylag könnyen és – más alapanyagokhoz képest – olcsón teljesíteni akár a passzívház minősítés eléréséhez szükséges szigorú energetikai követelményeket. Ezt a lehetőséget igyekeznek is kihasználni a könnyűszerkezetes építéssel foglalkozó cégek, azonban más építési rendszerek esetében is történnek olyan fejlesztések, amelyek jelentősen javítják a hagyományosan kevésbé megfelelőnek tartott anyagok szigetelőképességét. (Ilyen pl. a Porotherm 44 T Profi falazóelem, amelynek üregeit szálal szigetelőanyaggal kitöltve a könnyűszerkezetes falakhoz hasonló hőátbocsátási értékek érhetők el.)

Ebből is látható, hogy csupán az energiahatékonyság szempontjai nem támasztják alá egyértelműen a faanyag alkalmazásának előnyeit a környezetbarát építészetben.

A használati energiahatékonyság mellett számos egyéb szempont szól azonban a faanyag alkalmazása mellett. Különösen fontos ezek közül, hogy a faanyag „előállítás” nem terheli a környezetet. Előlenkezőleg; a növekvő faanyag a fotoszintézis során szén-dioxidot köt meg a levegőből, ami hosszú időre – az élőfa kivágásáig, majd a belőle készült termékek élettartamának végéig, sőt, újrahasznosítás esetén még tovább – megkötődik, és nem kerül vissza az atmoszférába. Természetesen ez a kép ebben a formában kissé túlegyszerűsített, hiszen a faanyagot fel kell dolgozni, amihez energiára van szükség, az energia előállítása pedig – napjainkban, és várhatóan még jó ideig – CO₂ kibocsátással jár. A fafeldolgozás energiaszükséglete azonban csupán töredéke az egyéb anyagok – pl. téglá, fém, műanyag – előállításához szükséges energiának (Varga és tsai. 2011).

Az alacsony energiaszükséglet mellett fontos szempont a már említett CO₂ megkötés. A fatermékekbe kerülő és ott tárolt szén-dioxid mennyiségével és áramlásával Schöberl (2012) foglalkozott részletesen. Az ő becslései szerint ma a fatermékekben évente megkötődő és az azokból felszabaduló szénmennyiség egyenlege – mintegy 0,04 tonna/év – sajnos elhanyagolható Magyarország üvegházhatású gáz kibocsátásához képest. Ennek az oka, hogy Magyarországon, míg a fatermékekben tárolt szén mennyisége korábban folyamatosan és egyenletesen növekedett, ez a folyamat a rendszerváltást követően megállt, és a 90-es évek óta ez a mennyiség stagnál, sőt, volt olyan év, amikor a fenti egyenleg negatív volt, azaz több szenet bocsátottunk ki a fatermékek megsemmisítése folyamán, mint amennyit új termékekben megkötöttünk (Schöberl és tsai. 2011).

A fent említett, igen csekély mennyiség jelentősen növelhető lenne, amennyiben a kitermelt faanyagot olyan módon hasznosítanánk, ami gondoskodik a CO₂ hosszú távú megkötéséről. Ennek legjobb módja a viszonylag hosszú élettartamú fatermékekben való hasznosítás. Az építőipari alkalmazások különösen alkalmasak lennének a szén hosszú távú megkötésére, hiszen egy átlagos faszerkezetű családi ház anyagában mintegy 7,5 tonna szén tárolódik, 80-120 év várható élettartammal (amit követően a

faanyag még legalább 1-2 ciklusban újrahasznosítható). Schöberl és tsai. (2011) konklúziója szerint hazai és európai viszonylatban tehát elsősorban a faépítéset fejlesztésétől várható pozitív hatás. Ehhez azonban fontos lenne, hogy a faanyag előtérbe kerüljön az építészeti alkalmazásoknál.

A faanyag ökológiai előnyei között említést érdemel még az újratermelhetőség, és a viszonylag egyszerű újrahasznosíthatóság is. Az előbbivel kapcsolatban fontos, hogy a hazai erdők éves növedéke jelentősen meghaladja a kitermelt mennyiséget (Schiberna 2011), és Európa környékbeli országaiban is hasonló képet láthatunk. Bár az erdőtanúsítás Magyarországon egyelőre gyerekcipőben jár, az itthon vásárolt, nem egzóta faanyag szinte garantáltan ún. tartamos (fenntartható) erdőgazdálkodásból származik. A faanyag építészeti alkalmazása során nem raboljuk ki a természet értékes erőforrásait.

A CSH szempontrendszerét tekintve általánosságban elmondható, hogy a faanyag nagyon jól teljesít tehát az energiaszükséglet és CO₂ kibocsátás, az egészségmegőrzés és komfort, valamint az ökológia területén, míg a legtöbb egyéb szempont tekintetében nem nevezhető rosszabbnak, mint az ún. „hagyományos” építőanyagok. Az egyetlen olyan terület, ahol a faanyag bizonyos esetekben kérdéseket vet fel, a menedzsment kérdése, mivel a faanyag bizonyos alkalmazásokban gondosságot, speciális kezelést igényel, ami ronthatja a faszerkezetű épületek megítélését.

A faanyag ökológiai előnyeinek kihasználása

A fenti szempontokat összegezve elmondható, hogy a faanyag jelentős ökológiai előnyökkel bír az építészeti alkalmazásokban. A probléma az, hogy ezek az előnyök részint kevésbé ismertek a nagyközönség előtt, részint pedig nem jelentkeznek közvetlen megtakarítás formájában a végfelhasználóknál. Emiatt elenyésző azon építetők száma, akik ezek miatt az előnyök miatt választják a faszerkezetű épületeket.

Annak érdekében, hogy a faanyag ökológiai előnyei valóban kihasználhatók legyenek, először is ösztönözni kellene a fa minél nagyobb mértékű használatát az építőiparban. A jelenleg uralkodó, egysíkú energiatanúsítási rendszerek erre a célra alkalmatlanok. Szükség lenne egy, a brit modellhez hasonló, komplex tanúsítási rendszer kidolgozására, amelyben természetesen kellő súllyal szerepel a használati energiahatékonyság, de megjelennek egyéb ökológiai és használati szempontok is. Különösen fontos len-

ne, hogy a támogatási és ösztönzési rendszer – amely jelenleg kizárólag a használati energiahatékonyságon alapszik (Dávid és Pakainé 2012) – figyelembe vegye ezeket az egyéb szempontokat, különösen azért, mert ezekhez sok esetben nem társul egyéb, a felhasználó számára közvetlenül érzékelhető előny (mint az energia-megtakarítás esetében).

Természetesen egy hazai tanúsítási rendszernek figyelembe kell vennie a magyar sajátosságokat is, mint pl. a tradíciók, kulturális háttér, illetve a hazai adottságok (pl. az a tény, hogy Magyarországon nagyon kis mennyiségben termelődik építőipari alapanyag, így a faanyag szállításából eredő környezetterhelést mindenképpen tekintetbe kell venni). E tanúsítási rendszer alapjainak lefektetése jelenleg folyik a Környezettudatos energia hatékony épület című TÁMOP projekt CO₂ hatékony épület és nyílászárók részprojektjének keretében. Természetesen a komplex minősítő rendszer alapelveinek lefektetése után nagyon komoly lobbitevékenységre lenne szükség ahhoz, hogy ezeket a szabályozási és ösztönzési rendszerben is érvényre lehessen juttatni. Ehhez a szakma széles körű összefogására van szükség.

Összefoglalás

Tanulmányunkban néhány példát mutattunk be a Magyarországon, valamint egyes európai országokban alkalmazott ökológiai és/vagy energiatanúsítási rendszerekre, abból a célból, hogy megállapítsuk, mennyire alkalmasak azok az épületek komplex szemléletű értékelésére. Ennek során a következő megállapításokat tettük:

- A Magyarországon és a környező országokban alkalmazott tanúsítási rendszerek jelenleg első sorban a használati energiahatékonyságon alapulnak.
- Míg a használati energiahatékonyság a környezettudatos építkezés egyik meghatározó eleme, sok további szempont van, ami jelentősen befolyásolja az épülettel kapcsolatos energia-felhasználást, a CO₂ kibocsátást, illetve az épület környezetre gyakorolt hatásait tágabb értelemben.
- Szükség lenne egy, a brit CSH minősítéshez hasonló hazai minősítési rendszerre, amely tágabban, és a jelenleginél komplexebb szemlélettel értékeli az épületek ökológiai teljesítményét.
- A faszerkezetű építés lehetőséget kínál energiahatékony épületek készítésére, miközben sok más szempontból (beépülő energia, CO₂ megkötés, élettani hatások) lényeges előnyei vannak más építőanyagokkal szemben. Emiatt

elő kellene segíteni a faanyag minél szélesebb körű alkalmazását az építészetben. Ez csak a fent említett komplex minősítési és ösztönző rendszerrel valósítható meg.

A kutatást a továbbiakban egy komplex minősítési rendszer alapjainak kidolgozásával folytatjuk.

Köszönetnyilvánítás

Ez a tanulmány a Környezettudatos energia hatékony épület című TÁMOP-4.2.2.A-11/1/KONV-2012-0068 számú projekt keretében, az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával valósult meg.

Irodalomjegyzék

- Dávid V K, Pakainé Kovács J (2012) Új tendenciák az Európai Unióban a könnyűszerkezetes kész-házak területén. *Faipar* 60(4):20-26.
- Ding GKC (2008) Sustainable construction—The role of environmental assessment tools. *J. of Env. Management* 86:451-464.
- EP&C (2009) Directive 2009/28/EC of the European Parliament and of the Council of 23 April 2009, on the promotion of the use of energy from renewable sources and amending and subsequently repealing Directives 2001/77/EC and 2003/30/EC. *Official J. of the EU L* 140/16-62
- EP&C (2010) Directive 2010/31/EU of the European Parliament and of the Council of 19 May 2010, on the energy performance of buildings. *Official J. of the EU L* 153/13-35
- Hens H (2012) Passive Houses: What May Happen When Energy Efficiency Becomes the Only Paradigm? *ASHRAE Transactions*. 118(1):1077-1085. (Megvan, pdf.)
- Patkó Cs, Pásztory Z (2013) Fa és fa alapú építőanyagok emissziója. *Megjelenés alatt*.
- PHI (2012) Passive House requirements. <http://passiv.de/en/02_informations/02_passive-house-requirements/02_passive-house-requirements.htm> (Letöltés dátuma: 2013. október 28.)
- Schiberna E (2011) Fenntartható (tartamos) erdőgazdálkodás. In: Molnár S. szerk. *Örök társunk a fa*. NymE Kiadó, Sopron. 11-15. old.
- Schöberl M (2012) Fatermékekben tárolt szén hazai civilizációs anyagárama és a klíma- védelem. *Faipar* 60(4):10-13.
- Schöberl M, Börcsök Z, Führer E (2011) Erdő és a faanyag szerepe a klímavédelemben.

- In: Molnár S. szerk. Örök társunk a fa. NymE Kiadó, Sopron. 21-26. old.
- UK Dept for Communities and Local Government (2010) Code for Sustainable Homes – Technical Guide. November 2010. © Crown Copyright, ISBN 978 1 85946 331 4
- Varga M, Németh G, Kocsis Z (2011) A fatermek gyártási energiaszükséglete. In: Molnár S. szerk. Örök társunk a fa. NymE Kiadó, Sopron. 35-37. old.
- Vértesy M (2009a) Hol tart Európa? Passzívházak külföldön 1. rész: Német profizmus <<http://www.csaladihaztervezes.hu/blog/hol-tart-europa-passzivhazak-kulfoldon-1-resz>> (Letöltés dátuma: 2013. május 13.)
- Vértesy M (2009b) Hol tart Európa? Passzívházak külföldön 2. rész: Versengő sógorok <<http://www.csaladihaztervezes.hu/blog/hol-tart-europa-passzivhazak-kulfoldon-2-resz>> (Letöltés dátuma: 2013. május 13.)
- Vértesy M (2009c) Hol tart Európa? Passzívházak külföldön 3. rész: Belgium, ahol adókedvezmény jár a PHPP tanúsítványért <<http://www.csaladihaztervezes.hu/blog/hol-tart-europa-passzivhazak-kulfoldon-3-resz>> (Letöltés dátuma: 2013. május 13.)
- Vértesy M (2009d) Hol tart Európa? Passzívházak külföldön 7. rész: Egyesült Királyság <<http://www.csaladihaztervezes.hu/blog/hol-tart-europa-passzivhazak-kulfoldon-7-resz>> (Letöltés dátuma: 2013. május 13.)
- Vértesy M (2009e) Passzívházak elterjedése Magyarországon ... van rá esély? <<http://www.csaladihaztervezes.hu/blog/passzivhazak-elterjedese-magyarorszagon---van-ra-esely>> (Letöltés dátuma: 2013. május 13.)

A Faipari Egyetemi Kutatásért Alapítvány idén is eszközökkel támogatta a hallgatók kutatásait

Dr. Komán Szabolcs

A Henkel Magyarország Kft. 1995-ben alapította a Faipari Egyetemi Kutatásért Alapítványt azzal a céllal, hogy támogassa a Nyugat-magyarországi Egyetem Simonyi Károly Műszaki, Faanyagtudományi és Művészeti Karán folytatott kutatási és oktatási célú tevékenységeket. A két fél részéről Dr. Fábián Ágnes ügyvezető igazgató és Dr. Alpár Tibor dékán megállapodtak abban, hogy az együttműködést kiterjesztik a Kiválóság a faipari felsőoktatásban c. ösztöndíjprogramra is. Az ösztöndíj azokat a kiemelkedő felkészültségű hallgatókat kívánja támogatni tanulmányaik első évében, akik 400 pontot elérő pontszámmal nyertek felvételt faipari mérnök BSc vagy ipari termék- és formatervező BSc képzésekre a 2013/2014-es tanévtől.

Az alapítványt az alapítón kívül magánszemélyek és cégek is támogatják, hogy a diplomatervezők és a doktoranduszok kutatási munkájához

szükséges technikai feltételek megteremtését elősegíthessék. A pályázati úton elnyert berendezések vásárlásával hosszabb távra szóló, konkrét eszközökben megnyilvánuló fejlesztések biztosíthatók.

A kuratórium tagjai tevékenységüket társadalmi munkában végzik, sem személyi juttatásra, sem költségtérítésre nem tartanak igényt, annak érdekében, hogy minél nagyobb mértékben kerüljenek támogatásra a pályázatok.

Az alapítvány kuratóriuma ezúton is szeretné kifejezni köszönetét mindazoknak, akik támogatást nyújtottak, illetve a személyi jövedelemadójuk 1%-os felajánlásával támogatták a pályázatok megvalósulását.

Faipari Egyetemi Kutatásért Alapítvány

Adószám: 18230044-1-43

Bankszámlaszám: 12001008-00154835-00100003

Az alábbi nyertes pályázatok bemutatásával elsősorban támogatóinknak kívánunk részletesebb információval szolgálni arról, hogy milyen kutatási területek támogatását tehetjük lehetővé felajánlásainknak köszönhetően.

Pályázó: Ábrahám József

A Faanyagtudományi Intézetben folyó kutatások során sok esetben szükséges a különböző anyagok színének vizsgálata, ezért fontos ezen fizikai jellemző pontos, egzakt meghatározása. A kutatásokban, illetve az iparban az egyik leggyakrabban alkalmazott színmérési eljárás a CIELab mérési rendszer. A CIELab színínger-mérő rendszer a színínger összetevőknek azzal a célkitűzéssel felépített egyenletes tere, hogy egyforma színérzéketkülönbségeknek ebben a térben ugyanakkora távolságok feleljenek meg. A színpontok az a^* , b^* , L^* térbeli koordináta-rendszerben ábrázolhatók, ahol a színezet értékeit két vízszintes, egymásra merőleges tengelyen ábrázolja (a^* , b^*), az ezekre merőleges függőleges tengelyen a világosságot (L^*).

Az anyagok színváltozásának mérése kiemelkedő jelentőségű a különböző fanemesítési, degradációs eljárásoknál. A színmérés általában közel 1 cm^2 területű sima felületen történik, azonban több projekt esetben is szükséges lett volna kisebb szemcseméretű porok, folyadékok színének meghatározására. Az intézetünk rendelkezik egy korszerű színmérő készülékkel, mely kiegészíthető porok és folyadékok színméréséhez szükséges adapterrel.

Az alapítvány támogatásával megvásárolt adapter segítségével lehetőség nyílik szemcsés és folyékony anyagok színének meghatározására. Kutató tevékenységünk fontos területen egészül ki a por, forgács és morzsalék állagú anyagok színének, illetve színváltozásának meghatározásával (keverékek, degradáció, hőkitettségek). A folyadékok színének meghatározása pedig a ragasztók és felületkezelő anyagok faanyag elszínező hatásainak vizsgálatára ad lehetőséget. A faipari felhasználáson kívül lehetőség nyílik egyéb általános anyagtudományi vizsgálatok elvégzésére is.

Pályázó: Antalfi Eszter

A dendrokronológia a faipar egyik sajátos segédtudománya, amely a famaradványok kormeghatározását végzi, dendroklimatológia segítségével pedig további információkat kaphatunk klimatikus viszonyokra, adatokra is. Kutatásaink egyre bővülnek azon területen, melyen a fa évgyűrűit felhasználva,

több információt kaphatunk meg a törzsek koráról, növekedési sebességéről, csapadékmennyiségről stb. A mintákhoz általában egy kb. 3–4 cm vastag törzskorongot használunk fel, melyen meg tudjuk számolni az évgyűrűket. Amennyiben viszont nem tudunk szeletet levágni a fadarabból, illetve az élő fából szeretnénk mintát venni, úgy ezt csak egy növedékfúró segítségével tudnánk megtenni. A Pressler-fúró becsavaráskor a fatestből henger alakú csapot vág ki, amelyen jól láthatóak az évgyűrűk, és ezzel elkerülhetjük a törzsek kivágását.

Az alapítvány támogatásával egy 600 mm-es növedékfúrót sikerült beszereznünk, melyet fenyő fafajoknál lehet alkalmazni. Doktori disszertációm témája a 7,2 millió éves bükkábrányi törzsek fajazonosítása és évgyűrű elemzése. A Pressler-fúró lehetővé tette, hogy Magyarország több botanikus kertjéből és arborétumából, a törzsek károsítása nélkül megfelelő hosszúságú mintát vegyek. Ezekből a mintákból tudom vizsgálni az évgyűrűt, a korai-késői pászta arányát, annak összehasonlító értékelését az időjárási adatokkal, mint pl. hőmérséklettel és csapadékmennyiséggel. A kutatómunka eredményeként keletkező adathalmaz lehetőséget biztosít egy átfogó ökológiai, és a kor éghajlati és állományszerkezeti viszonyait feltáró dendroklimatológiai vizsgálat elvégzésére.



A Pressler-fúró és a segítségével kivett minta

Pályázó: Elek László

A doktori kutatás során kidolgozásra kerülő légzárási megbízhatósági modellel történő légáteresztés becsléséhez ismerni kell a hézagzárési képesség értékének függvényében a tok és szárny között kialakuló légáteresztés volumenét. A kutatott szakirodalomban nem található erre vonatkozó mérési eljárás, ezért egy egyedi mérőkamra kialakítására volt szükség. A mérőkamra részét képező tok és szárny elemek a LLOYD-LR 5K univerzális szakítógépet alsó és felső gerendájához lettek rögzítve. A keresztgerenda függőleges mozgásával lehet a tok

és szárny között elhelyezett rugalmas tömítőprofil összenyomódását szabályozni. A kamra légtömörségét nagy permeabilitású fóliazsák biztosította, ami kétoldalas vákuumtechnikában alkalmazott rugalmas tömítőanyaggal lett a tok- és szárnyelemhez rögzítve. A vizsgálat során a kamrában 600 Pascal nyomást hoztunk létre, és a tömítőprofil összenyomódásának függvényében mértük a 250 mm részhosszra jutó légáteresztést.

A kamrában uralkodó nyomás mérésére az alapítvány kuratóriuma által megítélt pályázati támogatásból vásárolt Testo 435 típusú univerzális mérőműszert alkalmaztunk, melynek hitelesített pontossága $\pm 0,02$ hPa. A kamrába betáplált levegő tömített folyóméterére eső térfogatmennyiségét lebegőtestes áramlásmérővel mértük. A mérések kivitelezéséhez elengedhetetlenül fontos volt a kamrában uralkodó nyomás pontos ismerete, ugyanis a kamranyomás és az átáramló levegő térfogata között hatványfüggvény írja le a kapcsolatot. Ami azt jelenti, hogy kis mérési pontatlanság is nagy hibát eredményezhet. Azonban a Testo 435 típusú univerzális mérőműszer segítségével nagy pontossággal tudtuk a speciális kamrában uralkodó légnyomást mérni.



A Testo 435 típusú univerzális mérőműszer

Pályázó: Csitári Csaba

A kogenerációs rendszerek fontos meghatározó tényezője a különböző energia átalakítási lépések során mért hőmérséklet. Minden olyan energiatermelő rendszernél, amely égetés (elgázosítás) segítségével állít elő energiát, kiemelt fontosságú a hőmérséklet mérése. Különösen fontos a faelgázosításon alapuló, kogenerációs (kapcsolt) energiatermelés esetén, hiszen a rendszer hatásfokát döntően a megfelelő hőmérséklet biztosítja. Egy kellően magas (800–1100 °C) hőmérsékleten működő faelgázosító reaktor

85–95%-os hatásfokkal alakítja át a faaprítékot éghető gázzá. Ehhez az kell, hogy folyamatosan nyomon követhessük a reaktortérben zajló folyamatokat és a pillanatnyi hőmérséklet ismeretében szabályozni tudjuk a faelgázosítási folyamatot.

Mivel nem csak a reaktor hatásfokát szeretnénk javítani, hanem a teljes energiatermelő és átalakító rendszert is szeretnénk fejleszteni. Így további hőmérési pontokon kell méréseket végezni, amelyek segítségével meghatározhatók a rendszer szintű veszteségek is. Természetesen önmagában a hőmérsékletmérés nem használható termikus hatásfok meghatározásához. Ehhez ismerni kell a hőhordozó közegek mennyiségét (áramló szintézis gáz mennyisége, termo-olaj mennyisége) és fizikai paramétereit. A hőmérsékletből és a hőhordozó közegek mennyiségi és minőségi ismeretéből meghatározhatók a hőtranszport folyamatok jellemzői. A teljes veszteség ismeretében lehet tervezni a hőcserélő rendszereket, amelyek feladata a „hulladékhőt” visszanyerni, ezáltal növelve a kogenerációs rendszer hatásfokát.



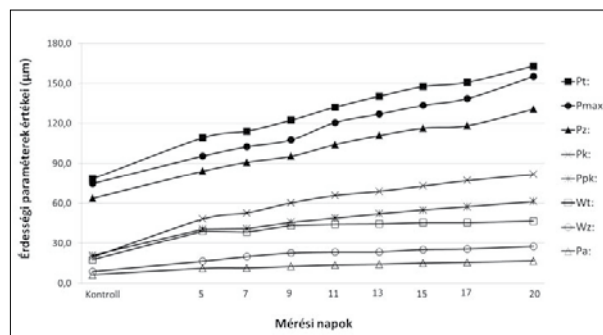
Hőmérő műszerek és a mérőszondák

Pályázó: Molnár Zsolt

Közismert tény, hogy a természetes faanyag felületi struktúráját a környezeti hatások (napsugárzás, esővíz) idővel megváltoztatják. A változást alapvetően az UV sugárzás okozza. A jelenség pontosabb megismerése céljából 6 fajtán végeztünk vizsgálatokat. A próbatestek felületét higanygőz lámpával sugároztuk be, és a kezelések között pedig folyamatosan mértük a felületi érdességet, így az idő előrehaladtával láthatóvá váltak a felületeken bekövetkező változások. A mérésekhez rendelkez-

zésre állt egy vonal menti tűs letapogató (Mahr S2 típusú) felületi érdességmérő berendezés. Ahhoz, hogy többet tudjunk meg a mért felületekről, optikai vizsgálatok is szükségesek. A NymE SKK Gépészeti és Mechatronikai Intézetében ehhez rendelkezésre áll egy SPM 1000 típusú mikroszkóp. A mikroszkóp segítségével végig tudjuk pásztázni a mért felületeket, így gyűjtve több adatot azokról.

A mikroszkóp alkalmazhatóságát jelentősen növelte, hogy az alapítvány segítségével egy nagyteljesítményű fényforrást, illetve egy, a rendszerhez tartozó digitális kamerát is sikerült beszerezni. A digitális kamera és a hozzá tartozó szoftver lehetővé teszi, hogy a kézzel beállított éles képekből a szoftver rakjon össze egy éles, a rendszer mélységélességét kiterjesztő képet, mely minden magassági szint esetében éles. Az eszköz segítségével így összehasonlíthatóvá váltak a mért eredmények az optikai úton végigpásztázott felületekkel. A kezelések előrehaladtával a mért felületi érdesség paraméterek értékei – mind a 6 vizsgált fafaj esetén – folyamatosan növekedtek.



A nyár érdességi paraméterek értékeinek változása a besugárzási idő függvényében

A berendezések a rendszer sokoldalúsága miatt az intézetben folyó egyéb kutatásokat is nagymértékben segítik, így a későbbiekben több szakdolgozat és diplomamunka is készülhet a beszerzett eszközöknek köszönhetően.

100 év – egy magyar asztalos dinasztia centenáriuma

A Kálmán Bútoripari Kft. négy generációjának sikere

Sajtóközlemény

Az újpesti székhelyű Kálmán Bútoripari Kft. október 3-án gálaesttel ünnepelte fennállásának 100. jubileumi évfordulóját.

A magyar családi vállalkozást immáron a negyedik generáció vezeti, a cég apáról fiúra száll 1913 óta.

A kerek évfordulót az Újpesti Városháza impozáns Dísztermében ünnepelték a Kálmán család tagjai, a faipari szakmai szervezetek prominens személyiségei, a cég üzleti partnerei és munkatársai több mint száz meghívott vendég társaságában. Az est folyamán beszédet mondott Szatmáry Kristóf, gazdaságsszabályozásért felelős államtitkár, a Budapesti Kereskedelmi és Iparkamara elnöke, valamint László Tamás, a XV. kerület polgármestere. Az est fellépője volt Őze Áron, Jászai Mari-díjas színész, rendező, a Pesti Magyar Színház igazgatója, akinek szintén van faipari kötődése, hisz anno a Kozma



Kálmán István ügyvezető

Lajos Faipari Szakközépiskolában érettségizett. Az est házigazdái Wintermantel Zsolt, Újpest polgármestere, Kálmán István és fia, Kálmán Attila, a cég vezetői voltak.

A Kálmán Kft. nagy hangsúlyt fektet a tehetséges szakmabeli fiatal generáció támogatására, felkarolására, a tehetséggondozásra. Ezt a filozófiát követve az est folyamán Kálmán István emléklapok nyújtott át Sárvári Ádám részére, aki a WorldSkills 2013 Leipzig szakmai világverseny épületasztalos szakágában a rangos 6. helyezést érte el, emellett megkapta a „Best of Nations” – Nemzet legjobbja és a „Medallion for Excellence – Kiválóság” érmet is. Kálnai Levente szintén díjat kapott, aki jó eredményt ért el bútorasztalos szakmában. Az eseménynek vendége volt felkészítőjük, Babanecz Csaba, Worldskills- és Euroskills-szakértő.

„A Kálmán cég centenáriumban egy kicsit visszatükröződik az elmúlt száz év magyar történelme is. Világháborúk, gazdasági válságok, forradalmak és elhibázott gazdasági és politikai berendezkedés útvesztői között is prosperálni tudott. Úgy hiszem, hogy a szorgalom, a szakmaszeretet, a kitartás, a tehetség, a család ereje és a mindenkor optimista hit azok az összetevők, amelyek szükségesek a sikerhez. Erősen bízom benne, hogy az elkövetkezendő évtizedekben mindig megújuló hittel és lendülettel haladhatunk tovább” – ezekkel a mondatokkal zárta az eseményt Kálmán István ügyvezető igazgató.

Betekintés a cég történetébe

Az asztalosüzemet Kálmán István asztalosmester alapította száz évvel ezelőtt. A műhelyben leginkább magas igényű stíl- és stilizált bútorokat készítettek. A 40-es évek közepéig töretlen volt a fejlődés és az egyszemélyes kis műhely Újpest jelentős, meghatározó bútorüzemévé vált. A háború után a cég túlélésre rendezkedett be, összeszűkülte technológiai területén, de jogfolytonosan működött. A 80-as években a teljesen átszervezett üzemben egyedi tervezésű bútorok és lakberendezési tárgyak készültek, a tervezéstől a kivitelezésig. 1995-ben megalakult a Kálmán Bútoripari Kft. Ezen a bázison az egyedi bútorgyártás és tervezés mellett számos szolgáltatással – köztük bútor- és faipari felületkezeléssel, ragasztással és csiszolástechnikával, valamint szakszervizzel – foglalkoznak. Ma már számos nyugat-európai cég kizárólagos magyarországi képviselői.

2000-től a cég új üzletága a tömörfából készült padló- és falburkolatok forgalmazása és beépítése, bio felületkezelés. A Kálmán cég 2011-ben megnyitotta a Loft Interior lakberendezési bemutatótermet.

Alapelképzelés a magas igényű, tömörfából készült bútorok és lakberendezési tárgyak forgalmazása, új és fiatal tervezők, designerek felfedezése és támogatása, aktív bekapcsolása a modern és esztétikus bútorkészítés és lakberendezés világába.



A centenáriumi torta felvágásából már a legfiatalabb „Kálmán-generáció” is kivette a részét

Kálmán István őrzi a megteremtett szakmai tekintélyt. A Magyar Bútor- és Faipari Szövetség volt elnökeként, valamint a budapesti mestervizsgabizottság és a Budapesti Kereskedelmi és Iparkamara faipari osztályának jelenlegi elnökeként aktívan részt vesz a faipar szakmai szervezeti életében. Fia, Kálmán Attila 2013-tól a Magyar Bútor- és Faipari Szövetség elnökségének tagja.



Kálmán Kft.

1154 Budapest, Szentmihályi út 54.
Tel: +36 1 306-4941, +36 1 305-0082

www.kalmankft.hu
www.feluletkezelesek.hu

Tudományos portállá alakul a Faipar folyóirat

Farkas Péter

1951-ben a Faipari Tudományos Egyesület többek között a Faipar című tudományos folyóirat indításával alapozta meg a hazai felsőfokú faipari képzést. A kialakuló szakmának óriási szüksége volt a szakmai és tudományos cikkek eme fórumára, melyet a példányszám is messzemenőig igazolt. Volt idő, amikor a FAIPAR havonta 2300-2500 példányban jelent meg – dr. Tóth Sándor részletesen megemlékezik a folyóirat és a FATE történetéről a 2010. évi 1. számban. Érdemes fellapozni!

A rendszerváltást követően a szakmával együtt a folyóirat is kihívások elé tekintett. 2002-ben a szerkesztést a Nyugat-Magyarországi Egyetem vette át, és egyre nagyobb szerepet kaptak a tudományos minőségű lektorált publikációk. 2009-ben arculatváltással és tematikus rovatokkal újult meg a kiadvány a jelenlegi kiadó kezében. 2011-2013 között az egyetemen indított Talentum program keretében sok fiatal kutató publikált értékes tudományos cikkeket. Ez új lendületet adott a folyóiratnak. A Simonyi Károly Kar, a FATE és az ERFARET Kiadó egyértelműen a legnagyobb erősségnek tartják, hogy a fiatal kutatók a lektorálásnak köszönhetően magas színvonalon teszik közzé tudományos munkájukat a kiadványban, ezért ezt szem előtt tartva, a kornak megfelelően fejlesztik tovább a FAIPAR folyóiratot.

Az online folyóirat koncepciója

A prologusban a főszerkesztő sok felmerülő kérdésre választ ad a szerzőknek és az olvasóknak egyaránt. A következőkben részletesen bemutatjuk, hogy milyen változásokat fognak tapasztalni a megújulás által.

„Az áttérés letölthető újságot jelent vagy többet?”

A 2002-től megjelent lapszámok eddig teljes terjedelemben úgynevezett digitális archív példányként váltak letölthetővé, a nyomtatott példány másolataként.

Az átalakítással egy folyamatosan szerkesztett online tudományos portált kívánunk létrehozni. Nem lesznek elhatárolt lapszámok. Ezzel felgyor-

sul az információáramlás, ami a publikáló kutatók számára jelentős előnnyel jár.

A lektorált cikkek megjelennek absztrakt formában és a teljes publikáció – ahány nyelven a szerző benyújtja a kéziratot – elkészül letölthető PDF formátumban. A lektorálás nélküli, nem tudományos jellegű írások korrektúra után a megfelelő rovatban kerülnek elhelyezésre, de azokból PDF változat nem készül.

Online rovatok, menüszerkezet

- Címloldal: ízelítő a legfrissebb írásokból
- Tudomány: lektorált tudományos publikációk
- Gazdaság: lektorált, illetve nem lektorált gazdasági témájú írások
- Élet: építő- és tervezőművészeti témájú cikkek, hírek a faipari oktatásról, valamint minden olyan hír, közlemény, amely a faiparos szakma életét meghatározza
- Szerzők: szerzőink és az általuk publikált cikkek cím szerinti felsorolása hivatkozásokkal
- Keresőfelület: kulcsszavas keresési lehetőségek
- Impresszum: szerkesztőség bemutatása
- Regisztráció/Belépés: adminisztrációs felület a szerzők számára

A rendszerrel kapcsolatos technikai információk

A portál a tervek szerint Wordpress tartalomkezelővel készül. Lehetőség szerint több nagy amerikai és kanadai egyetem és kutatóintézet (pl.: Stanford University, Simon Fraser University stb.) által is használt szabad forráskódú Open Journal System integrálásra kerülne. Ez a kidolgozott rendszer biztosítja a publikációs adatbázis kezelését valamint a szerzői adminisztrációs oldalt.

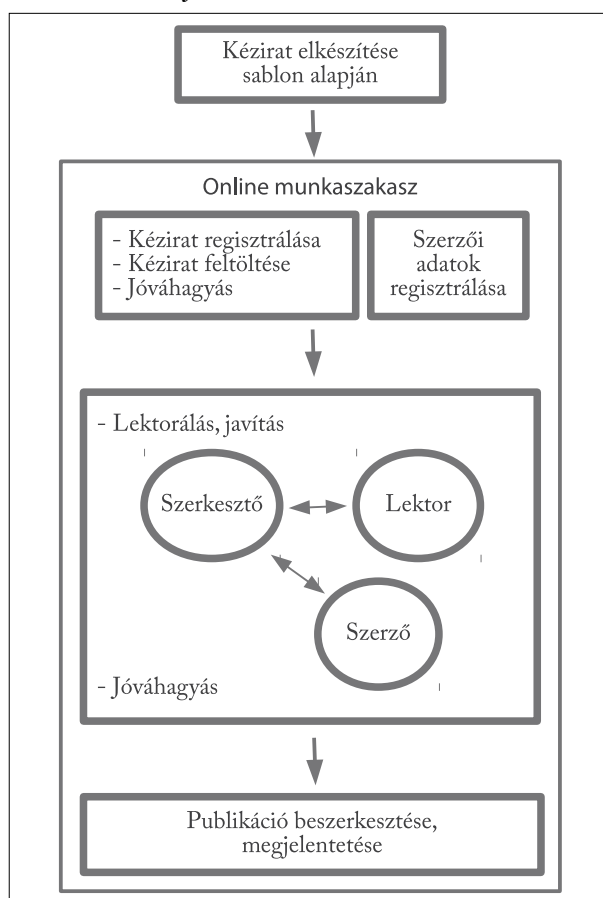
„Szerző vagyok. Hogyan publikálhatom az írásomat?”

Lektorált cikkek esetében nemzetközi tudományos folyóiratok mintáját alapul véve a következő eljárás megvalósítását tervezzük:

1. A szerző letölthet a portálról egy világos, egyszerű sablont a kézirat szerkesztéséhez.

Amennyiben ebben a formában megszerkesztette a cikket, be tudja küldeni a következő pontok szerint.

2. A szerző regisztrálja magát és a társszerzők adatait a szerzői adatbázisban (ezt egyszer kell elvégezni).
3. A szerző regisztrálja a cikket. Kitölti a cikk adatait angolul és magyarul (cím, absztrakt, kulcsszavak). A cikkhez hozzárendeli a szerzői adatbázisból a társszerzőket.
4. Kézirat és mellékleteinek feltöltése.
5. Jóváhagyás, értesítés küldés a szerkesztőségnek.
6. A szerkesztőség átnézi a beküldött anyagot, felveszi a szerzővel a kapcsolatot, felkéri a lektorokat.
7. A lektorok egy közvetlen linken letöltik, majd lektorálás után visszatöltik javaslataikat és a lektori űrlapot.
8. A szerkesztőség a lektori véleményt átnézi és továbbítja a szerző felé a javítási kéréseket.
9. A szerző a javításokat elvégzi, feltölti a kézirat átdolgozott verzióját az online felületre.
10. Amennyiben a kézirat már a lektorok által elfogadott formába került, a szerkesztőség azt feldolgozza, megjelenteti és az adminisztrációs oldalt lezárja.



Publikálás tervezett folyamata az online rendszerben

Fontos, hogy a kézirat teljes lektorálási és szerkesztési folyamata, a kézirat verziói követhetők lesznek az adminisztrációs oldalon. A szerzők a publikálásig hozzáférnek a publikáció adminisztrációs oldalához, az ott lévő anyagot megtekinthetik, ellenőrizhetik.

A cikk publikálása után a szerkesztési folyamatok, verziók, lektori vélemények digitális archívumba kerülnek, amelyből a szerkesztőség bármikor hiányzó adatokat tud visszakeresni a szerzők kérésére.

Azok az írások, amelyek nem kerülnek lektorálásra, egyszerűen e-mailen elküldhetők a szerkesztőség számára. Korrektúrát követően néhány napon belül megjelentetésre kerül a cikk.

„Mikor jelenhet meg az első cikk az új Faiparban?”

Terveink szerint 2014 márciusában indítjuk el a rendszert. A kéziratokat a szerzőktől folyamatosan várjuk, hiszen az oldalt friss induló tartalommal kell megtölteni.

„Változik-e valamiben az arculat?”

Természetesen alakítani kell valamelyest az arculaton, azonban a legfontosabb változás, hogy színesebbé válhat a folyóirat. Szerzőinket arra biztatjuk, hogy ábrákat, fotóikat jó minőségben, színes megjelenéssel készítsék el. Lehetőséget adunk továbbá animált ábrák, szemléltető videók elhelyezésére is.

„Ingyenes vagy fizetős lesz a portál?”

A cikkekhez ingyenesen, regisztráció nélkül, Open Access elvek alapján lehet hozzáférni. A felmerülő költségeket a NymE Simonyi Károly Karral közösen a kiadó vállalja, ahogy ezt eddig is tette. Azoknál a cikkeknel, melyek valamilyen pályázati forrásból valósulnak meg, az adott pályázat terhére egy jelképes összegű átalánydíjas hozzájárulást kérünk a megjelenéshez.

„Lesz-e még valaha nyomtatott FAIPAR?”

A változással nem szűnik meg teljes mértékben a nyomtatott formában történő megjelenés. Tudjuk, hogy sokan ragaszkodnak a nyomtatott folyóirathoz, és valljuk be őszintén, egy rendezvényen nehéz valakit megajándékozni egy online újsággal. Ezért valószínűleg évente egy alkalommal megjelentetésre kerül a nyomtatott FAIPAR. Ünnepi számként, díszbe öltöztetve, hasznos tartalommal, hogy méltó legyen a múltjához és jövőjéhez is.



Tudományos cikkek benyújtása a Faipar részére

Kiadványunkba örömmel várjuk tudományos igényű közleményeiket. Felhívjuk szíves figyelmüket, hogy a Faipar célja eredeti alkotások közlése, ezért csak olyan cikkeket várunk, amelyeket más újságban még nem publikáltak. A folyóirat magas színvonala és a szerkesztői munka megkönnyítése érdekében kérjük az alábbiak betartását:

- A cikkeket egyszerű formátumban kérjük elkészíteni (12 pt Times New Roman betűk, elválasztások nélkül.) A stílusok használatát kérjük mellőzni. Az ilyen formában elkészített cikkek terjedelme max. 10 oldal lehet, az ennél hosszabb munkákat kérjük több, külön publikálható részre bontani.
- A cikkekhez angol nyelvű címet, kulcsszavakat, és egy rövid (max. 100 szavas) angol összefoglalót kérünk mellékelni.
- A szerzőknél kérjük feltüntetni a tudományos fokozatot, a munkahelyet és beosztást.
- Az irodalomjegyzéket az első szerző neve szerint, abc-sorrendben kérjük. Kérjük, ügyeljenek a hivatkozások pontos megadására (újságcikkek esetén év, évfolyam, szám, oldalak; könyvek esetén év, a kiadó neve, székhelye, oldalak száma.) Kérjük, a cikken belül a szerző és az évszám megadásával hivatkozzanak ezekre.
- Az ábrákat és táblázatokat a benyújtott anyag végén, külön lapokon kérjük megadni. A táblázatokat és ábrákat meg kell számozni, és címmel ellátni. A szövegben ezekre szám szerint kérünk hivatkozni (1. ábra, 2. táblázat, stb.)
- Az egyenleteket az MS Word egyenletszerkesztőjével kérjük elkészíteni (kivéve egészen egyszerű egyenletek esetében), és szögletes zárójelekkel beszámozni: [1]. Az állandóknál és változóknál dőlt betűformátum alkalmazását kérjük.

Felhívjuk szíves figyelmüket, hogy a Faiparhoz beérkező cikkek lektorálásra kerülnek, ami után azokat, ha szükséges, javításra vagy átdolgozásra visszaküldjük a szerzőknek. A szerzők javaslatait a lektor személyére vonatkozóan örömmel vesszük. A végleges, javított szöveget, elektronikus formában kérjük. A kéziratokat a következő címre várjuk:

Varga Dénes
NymE-ERFARET Nonprofit Kft.
9400 Sopron Bajcsy-Zsilinszky u. 4.
E-mail: vargadenes@nyme.hu
Tel.: 99/518 602 Fax: 99/518 601

FAIPAR

A FAIPAR TUDOMÁNYOS FOLYÓIRATA

Szerkesztőség:

Bejő László főszerkesztő
Varga Dénes szerkesztő
Farkas Péter, Somos András tördelőszerkesztő
Kantó-Simon Ildikó olvasószerkesztő

Szerkesztőbizottság:

Molnár Sándor (elnök), Albert Levente,
Csóka Levente, Hargitai László,
Kovács Zsolt, Peszlen Ilona,
Szalai József, Tóth Sándor,
Varga Mihály, Winkler András

FAIPAR - a faipar tudományos folyóirata és a Nyugat-magyarországi Egyetem Simonyi Károly Műszaki, Faanyag-tudományi és Művészeti Kar alumni lapja. Megjelenik a Nyugat-magyarországi Egyetem Simonyi Károly Kar és a Faipari Tudományos Egyesület közös gondozásában.

Kiadja a NymE-ERFARET Nonprofit Kft.

Kiadásért felelős: Dr. Varga Dénes ügyvezető

Design: Farkas Péter

A folyóirat célja tudományos igényű, lektorált cikkek megjelentetése és általános tájékoztatás a hazai és nemzetközi faipar híreiről, újdonságairól.

A cikkeken kifejtett nézetek a szerzők sajátjai, azokért a Faipari Tudományos Egyesület és a NymE Simonyi Károly Kar felelősséget nem vállal. A kiadványban található cikkeket, tanulmányokat a szerzők tudtával és beleegyezésével publikáljuk. A cikkek nem reprodukálhatók a kiadó és a szerzők engedélye nélkül, de felhasználhatók oktatási és kutatási célokra, illetve idézhetők más publikációkban, megfelelő hivatkozások megadása mellett.

Megjelenik negyedévente.

Terjeszti a Nyugat-magyarországi Egyetem Simonyi Károly Kar. A kiadványt a FATE tagjai ingyen kapják. Az újságcikkeket, híreket, olvasói leveleket Varga Dénes részére kérjük elküldeni.

A kiadvány elektronikusán elérhető a <http://faipar.fmk.nyme.hu>, valamint a www.erfaret.hu/kiado weboldalon.

Készült a soproni ReproLan Kft. nyomdájában, 500 példányban.

HU ISSN: 0014-6897

Címlap:

Tudományos portállá alakul a Faipar



Nemzeti Kulturális Alap